

**Министерство науки и высшего образования Российской Федерации**  
**Федеральное государственное автономное образовательное учреждение**  
**высшего образования**  
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ**  
**ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Институт Юргинский технологический институт

Направление подготовки (специальность) 15.03.01 «Машиностроение», профиль  
«Оборудование и технология сварочного производства»

**ДИПЛОМНЫЙ ПРОЕКТ**

Тема работы
<b>РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ СВАРКИ И КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА НАДЗЕМНОГО ГАЗОПРОВОДА ТРУБ ДИАМЕТРОМ 1420 мм</b>

УДК 622.691.4.07:621.791

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-10А51	Валиев В.С.		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ЮТИ	Ильященко Д.П.	к.т.н.		

Нормоконтроль

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ЮТИ	Крюков А.В.	к.т.н.		

**КОНСУЛЬТАНТЫ:**

По разделу «Финансовый менеджмент»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ЮТИ	Полицинская Е.В.	к.п.н., доцент		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ЮТИ	Солодский С.А.	к.т.н.		

**ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:**

Руководитель ООП «Машиностроение»	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ЮТИ	Ильященко Д.П.	к.т.н.		

Юрга – 2020 г.

### *Планируемые результаты обучения по ООП*

Код результатов	Результат обучения (выпускник должен быть готов)
P1	Демонстрировать базовые естественнонаучные, математические знания, знания в области экономических и гуманитарных наук, а также понимание научных принципов, лежащих в основе профессиональной деятельности
P2	Применять базовые и специальные знания в области математических, естественных, гуманитарных и экономических наук в комплексной инженерной деятельности на основе целостной системы научных знаний об окружающем мире.
P3	Применять базовые и специальные знания в области современных информационных технологий для решения задач хранения и переработки информации, коммуникативных задач и задач автоматизации инженерной деятельности
P4	Эффективно работать индивидуально и в качестве члена команды, демонстрируя навыки руководства отдельными группами исполнителей, в том числе над междисциплинарными проектами, уметь проявлять личную ответственность, приверженность профессиональной этике и нормам ведения профессиональной деятельности.
P5	Демонстрировать знание правовых, социальных, экологических и культурных аспектов комплексной инженерной деятельности, знания в вопросах охраны здоровья, безопасности жизнедеятельности и труда на предприятиях машиностроения и смежных отраслей.
P6	Осуществлять коммуникации в профессиональной среде и в обществе в целом, в том числе на иностранном языке; анализировать существующую и разрабатывать самостоятельно техническую документацию; четко излагать и защищать результаты комплексной инженерной деятельности на производственных предприятиях и в отраслевых научных организациях.
P7	Использовать законы естественнонаучных дисциплин и математический аппарат в теоретических и экспериментальных исследованиях объектов, процессов и явлений в машиностроении, при производстве иных металлоконструкций и узлов, в том числе с целью их моделирования с использованием математических пакетов прикладных программ и средств автоматизации инженерной деятельности
P8	Обеспечивать соблюдение технологической дисциплины при изготовлении изделий машиностроения, металлоконструкций и узлов для нефтегазодобывающей отрасли, горного машиностроения и топливно-энергетического комплекса, а также опасных технических объектов и устройств, осваивать новые технологические процессы производства продукции, применять методы контроля качества новых образцов изделий, их узлов и деталей.
P9	Осваивать внедряемые технологии и оборудование, проверять техническое состояние и остаточный ресурс действующего технологического оборудования, обеспечивать ремонтно-восстановительные работы на производственных участках предприятия.
P10	Проводить эксперименты и испытания по определению физико-механических свойств и технологических показателей используемых материалов и готовых изделий, в том числе с использованием способов неразрушающего контроля

Код результатов	Результат обучения (выпускник должен быть готов)
P11	Проводить предварительное технико-экономическое обоснование проектных решений, выполнять организационно-плановые расчеты по созданию или реорганизации производственных участков, планировать работу персонала и фондов оплаты труда, применять прогрессивные методы эксплуатации технологического оборудования при изготовлении изделий машиностроения, иных металлоконструкций и узлов.
P12	Проектировать изделия машиностроения, опасные технические устройства и объекты и технологические процессы их изготовления, а также средства технологического оснащения, оформлять проектную и технологическую документацию в соответствии с требованиями нормативных документов, в том числе с использованием средств автоматизированного проектирования и с учетом требований ресурсоэффективности, производительности и безопасности.
P13	Составлять техническую документацию, выполнять работы по стандартизации, технической подготовке к сертификации технических средств, систем, процессов, оборудования и материалов, организовывать метрологическое обеспечение технологических процессов, подготавливать документацию для создания системы менеджмента качества на предприятии.
P14	Непрерывно самостоятельно повышать собственную квалификацию, участвовать в работе над инновационными проектами, используя базовые методы исследовательской деятельности, основанные на систематическом изучении научно-технической информации, отечественного и зарубежного опыта, проведении патентных исследований.

Студент гр. 3-10А51

В.С. Валиев

Руководитель ВКР

Д.П. Ильященко

**Министерство науки и высшего образования Российской Федерации**  
**Федеральное государственное автономное образовательное учреждение**  
**высшего образования**  
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ**  
**ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Институт Юргинский технологический институт

Направление подготовки (специальность) 15.03.01 «Машиностроение», профиль  
«Оборудование и технология сварочного производства»

УТВЕРЖДАЮ:

Руководитель ООП «Машиностроения»

\_\_\_\_\_ Д. П. Ильященко  
(Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

**ЗАДАНИЕ**

на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Дипломной проект

(бакалаврской работы, дипломного проекта/работы, магистерской диссертации)

Студенту:

Группа	ФИО
3-10А51	Валиеву Виталию Суровичу

Тема работы:

Разработка технологии сварки и контроль качества надземного газопровода труб диаметром 1420 мм

Утверждена приказом проректора-директора (директора) (дата, номер)	31.01.2020г. № 9/с
--	--------------------

Срок сдачи студентом выполненной работы:	
--	--

**ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:**

<p><b>Исходные данные к работе</b>  <i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i></p>	<p><b>Материалы преддипломной практики</b></p>
<p><b>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</b>  <i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i></p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Обзор и анализ литературы.</li> <li>2. Объект и методы исследования.</li> <li>3. Разработка технологического процесса.</li> <li>4. Конструкторский раздел.</li> <li>5. Проектирование участка сборки-сварки.</li> <li>6. Финансовый менеджмент.</li> <li>7. Социальная ответственность.</li> </ol>

Перечень графического материала <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i>		1.Презентация.
Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы <i>(с указанием разделов)</i>		
Раздел	Консультант	
Технологическая и конструкторская часть	Ильященко Д.П.	
Социальная ответственность	Солодский С.А.	
Финансовый менеджмент	Полицинская Е.В.	
Названия разделов, которые должны быть написаны на иностранном языке:		

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	
--	--

**Задание выдал руководитель:**

Руководитель ООП «Машиностроение»	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ЮТИ	Ильященко Д.П.	К.Т.Н.		

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-10A51	Валиев В.С.		

**Министерство науки и высшего образования Российской Федерации**  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Институт Юргинский технологический институт

Направление подготовки (специальность) 15.03.01 «Машиностроение», профиль «Оборудование и технология сварочного производства»

Период выполнения (осенний / весенний семестр 2019 – 2020 учебного года)

Форма представления работы:

Дипломный проект

(бакалаврская работа, дипломный проект/работа, магистерская диссертация)

**КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ – ПЛАН  
выполнения выпускной квалификационной работы**

Срок сдачи студентом выполненной работы:	
--	--

Дата контроля	Название раздела (модуля)/ Вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
17.01.2020	Обзор литературы	20
17.02.2020	Объекты и методы исследования	20
17.03.2020	Расчеты и аналитика	20
17.04.2020	Финансовый менеджмент	20
20.05.2020	Социальная ответственность	20

**Составил преподаватель:**

Руководитель ООП «Машиностроение»	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ЮТИ	Ильященко Д.П.	к.т.н.	с	

**СОГЛАСОВАНО:**

Руководитель ООП «Машиностроение»	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ЮТИ	Ильященко Д.П.	к.т.н.		

Юрга – 2020 г.

# ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»

Студенту:

Группа	ФИО
3-10A51	Валиеву Виталию Суровичу

Институт	Юргинский Технологический институт	Отделение	
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	15.03.01 Машиностроение

Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:

1. Стоимость ресурсов инженерного решения (ИР): материально-технических энергетических человеческих	1278328,68 руб 13556 руб 2217,54 руб
2. Используемая система налогообложения ставка налогов ставка отчислений	общая 13% 30%

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Определение капитальных вложений

2. Расчет составляющих себестоимости

3. Расчет количества приведенных затрат

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей)

1. Основные показатели эффективности ИР (технико-экономические показатели проекта)

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	
--	--

**Задание выдал консультант:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ЮТИ	Полицинская Е.В.	к.п.н., доцент		

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-10A51	Валиев В.С.		

## ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
3-10A51	Валиеву Виталию Суровичу

Институт	Юргинский технологический институт	Отделение	
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	15.03.01 Машиностроение

### Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

<p>1. Описание технологического процесса, проектирование оснастки и участка сборки-сварки неповоротного сварного стыка на предмет возникновения:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– вредных проявлений факторов производственной среды (метеословия, вредные вещества, освещение, шумы, вибрации, электромагнитные поля, ионизирующие излучения)</li> <li>– опасных проявлений факторов производственной среды (механической природы, термического характера, электрической, пожарной и взрывной природы)</li> <li>– негативного воздействия на окружающую природную среду (атмосферу, гидросферу, литосферу)</li> </ul> <p>чрезвычайных ситуаций (техногенного, стихийного, экологического и социального характера)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- вредных проявлений факторов производственной среды (метеословия, вредные вещества, освещение, шумы, вибрации, электромагнитные поля, ионизирующие излучения);</li> <li>- опасных проявлений факторов производственной среды (механической природы, термического характера, электрической, пожарной и взрывной природы);</li> <li>- негативного воздействия на окружающую природную среду (атмосферу, гидросферу, литосферу);</li> <li>- чрезвычайных ситуаций (техногенного, стихийного, экологического и социального характера).</li> </ul>
<p>2. Знакомство и отбор законодательных и нормативных документов по теме</p>	

### Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

<p>1. Анализ выявленных вредных факторов проектируемой производственной среды в следующей последовательности:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– <i>физико-химическая природа вредности, её связь с разрабатываемой темой;</i></li> <li>– <i>действие фактора на организм человека;</i></li> <li>– <i>приведение допустимых норм с необходимой размерностью (со ссылкой на соответствующий нормативно-технический документ);</i></li> <li>– <i>предлагаемые средства защиты (сначала коллективной защиты, затем – индивидуальные защитные средства)</i></li> </ul>	<p>Действие выявленных вредных факторов на организм человека. Допустимые нормы (согласно нормативно-технической документации). Разработка коллективных и рекомендации по использованию индивидуальных средств защиты.</p>
<p>2. Анализ выявленных опасных факторов проектируемой произведённой среды в следующей последовательности</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– механические опасности (источники, средства защиты);</li> <li>– термические опасности (источники, средства защиты);</li> <li>– электробезопасность (в т.ч. статическое электричество, молниезащита – источники, средства защиты);</li> <li>– пожаровзрывобезопасность (причины, профилактические мероприятия, первичные средства пожаротушения)</li> </ul>	<p>Источники и средства защиты от существующих на рабочем месте опасных факторов (электробезопасность, термические опасности и т.д.). Пожаровзрывобезопасность (причины, профилактические мероприятия, первичные средства пожаротушения).</p>



3. Охрана окружающей среды: – защита селитебной зоны – анализ воздействия объекта на атмосферу (выбросы); – анализ воздействия объекта на гидросферу (сбросы); – анализ воздействия объекта на литосферу (отходы); – разработать решения по обеспечению экологической безопасности со ссылками на НТД по охране окружающей среды.	Вредные выбросы в атмосферу.
4. Защита в чрезвычайных ситуациях: – перечень возможных ЧС на объекте; – выбор наиболее типичной ЧС; – разработка превентивных мер по предупреждению ЧС; – разработка мер по повышению устойчивости объекта к данной ЧС; – разработка действий в результате возникшей ЧС и мер по ликвидации её последствий	Перечень наиболее возможных ЧС на объекте.
5. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности: – специальные (характерные для проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; – организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны	Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.
<b>Перечень графического материала:</b>	
При необходимости представить эскизные графические материалы к расчётному заданию (обязательно для специалистов и магистров)	Лист-плакат Система вентиляции участка

<b>Дата выдачи задания для раздела по линейному графику</b>	
---	--

**Задание выдал консультант:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ЮТИ	Солодский С.А.	к.т.н.		

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
З-10А51	Валиев В.С.		

## Реферат

Выпускная квалификационная работа 132 с., 9 рисунков, 24 таблицы, 43 источника, 6 приложений, 16 л. графического материала.

Ключевые слова: сварка плавлением, технология, режимы сварки, сила сварочного тока, сварочное оборудование, производительность, сварная конструкция, приспособление, промышленная безопасность, себестоимость.

Актуальность работы: в данной выпускной квалификационной работе производится разработка технологии сарки и контроль качества надземного газопровода диаметром 1420 мм.

Объектом исследования является процесс изготовления неповоротных кольцевых стыковых соединений труб Ø1420x21,7 мм.

Цели и задачи исследования (работы). В результате данной работы следует получить производство с наибольшей степенью механизации повышающей производительность труда.

В процессе работы рассчитаны режимы сварки, подобрано сварочное оборудование, пронормированы сборочные и сварочные операции; В результате проведенной работы разработан операционные технологическаие карты.

ВКР выполнена в текстовом редакторе Microsoft Word 2016 и КОМПАС–3D V10 и представлена на диске (в конверте на обороте обложки).

## Abstract

Final qualifying work 132 pp., 9 figures, 24 tables, 43 sources, 6 annexes, 16 pages graphic material.

Key words: fusion welding, technology, welding modes, welding current strength, welding equipment, productivity, welded structure, fixture, industrial safety, cost.

Relevance of work: in this final qualification work, the development of sarc technology and quality control of an overhead gas pipeline with a diameter of 1420 mm are carried out.

The object of research is the manufacturing process of fixed ring butt joints of pipes Ø1420x21.7 mm.

The goals and objectives of the study (work). As a result of this work, one should obtain production with the greatest degree of mechanization increasing labor productivity.

In the process, the welding modes are calculated, welding equipment is selected, assembly and welding operations are normalized; As a result of the work, operational technological maps were developed.

WRC performed in a text editor Microsoft Word 2016 and KOMPAS-3D V10 and is represented on the disk (in an envelope on the back cover).

## Оглавление

Введение	17
1 Обзор и анализ литературы	19
1.1 Оборудование для подготовки торцов труб применительно к сварке неповоротных стыков трубопроводов	19
1.2 Разработка технологии комбинированного соединения неповоротных стыков толстостенных труб из высокопрочных сталей	20
1.3 Разработка технологии механизированной дуговой сварки при ремонте магистрального газопровода под давлением	21
1.4 Заключение	23
2 Объект и методы исследования	24
2.1 Описание сварной конструкции	24
2.2 Требования НД предъявляемые к конструкции	24
2.2.1 Подготовка труб	24
2.2.2 Сборка кольцевых стыков	27
2.2.3 Предварительный подогрев	32
2.2.4 Сварка кольцевых стыков	36
2.3 Методы проектирования	39
2.4 Постановка задачи	42
3 Разработка технологического процесса	43
3.1 Анализ исходных данных	43
3.1.1 Основные материалы	43
3.1.2 Обоснование и выбор способа сварки	47
3.1.3 Выбор вспомогательных материалов	48
3.2 Режимы сварки	50
3.3 Выбор основного оборудования	61
3.4 Выбор оснастки	65
3.5 Выбор методов контроля, регламент, оборудование	65
	12

3.5.1 Методы контроля	65
3.6 Разработка технической документации	70
3.7 Техническое нормирование операций	72
3.8 Материальное нормирование	73
3.8.1 Расход сварочной проволоки	73
3.8.2 Расход защитного газа	73
3.8.3 Расход электроэнергии	74
4 Конструкторский раздел	75
4.1 Проектирование сборочно-сварочных приспособлений	75
5 Проектирование участка сборки-сварки	76
5.1 Пространственное расположение производственного процесса	76
5.2 Расчет основных элементов производства	78
5.2.1 Определение количества необходимого числа оборудования	78
5.2.2 Определение состава и численности рабочих	78
6 Финансовый менеджмент	79
6.1 Финансирование проекта и маркетинг	79
6.2 Экономический анализ техпроцесса	79
6.2.1 Определение капитальных вложений в оборудование и приспособления	80
6.2.2 Определение затрат на основные материалы	82
6.2.3 Определение затрат на заработную плату	83
6.2.4 Определение затрат на силовую электроэнергию	83
6.2.5 Определение затрат на амортизацию и ремонт оборудования	84
6.3 Расчет количества приведенных затрат	84
6.4 Основные технико-экономические показатели участка	85
7 Социальная ответственность	87
7.1 Описание рабочего места	87
7.2. Законодательные и нормативные документы	87
7.3 Анализ выявленных вредных факторов проектируемой производственной среды	90
	13

7.3.1 Обеспечение требуемого освещения на участке	93
7.4 Анализ выявленных опасных факторов проектируемой произведённой среды	93
7.4.1 Разработка методов защиты от вредных и опасных факторов	99
7.5 Охрана окружающей среды	100
7.6 Защита в чрезвычайных ситуациях	100
7.7 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	102
Заключение	105
Список использованных источников	106
Приложение А (Операционная технологическая карта сборки и сварки порошковой проволокой неповоротных кольцевых стыковых соединений труб Ø1420x21,7 мм класса прочности К60 (для производства работ))	111
Приложение Б (Операционная технологическая карта визуального и измерительного контроля сварных соединений)	117
Приложение В (Операционная технологическая карта радиографического контроля сварных соединений)	119
Приложение Г (Операционная технологическая карта ультразвукового контроля сварных соединений)	126
Приложение Д (Сварной стык)	131
Приложение Е (План участка)	132
Диск CD-R	в конверте на обложке
Графический материал	на отдельных листах
Неповоротный стык	демонстрационный лист
Режимы сварки неповоротных кольцевых стыковых сварных соединений труб	демонстрационный лист
Операционно-технологическая карта сборки и сварки порошковой проволокой неповоротных кольцевых стыковых сварных соединений труб	демонстрационный лист

Операционно-технологическая карта сборки и сварки порошковой проволокой неповоротных кольцевых стыковых сварных соединений труб	демонстрационный лист
Операционно-технологическая карта сборки и сварки порошковой проволокой неповоротных кольцевых стыковых сварных соединений труб	демонстрационный лист
Операционно-технологическая карта сборки и сварки порошковой проволокой неповоротных кольцевых стыковых сварных соединений труб	демонстрационный лист
Операционно-технологическая карта сборки и сварки порошковой проволокой неповоротных кольцевых стыковых сварных соединений труб	демонстрационный лист
Операционно-технологическая карта сборки и сварки порошковой проволокой неповоротных кольцевых стыковых сварных соединений труб	демонстрационный лист
Методы контроля и оборудование	демонстрационный лист
Методы контроля и оборудование	демонстрационный лист
Методы контроля и оборудование	демонстрационный лист
Методы контроля и оборудование	демонстрационный лист
Методы контроля и оборудование	демонстрационный лист
Методы контроля и оборудование	демонстрационный лист
Положение сварочной горелки при механизированной сварке корневого слоя шва проволокой сплошного сечения в углекислом газе методом STT в различных	

пространственных положениях	демонстрационный лист
План участка	демонстрационный лист
Контроль качества сварных соединений	демонстрационный лист
Негативные факторы сварочного производства	демонстрационный лист
Основные технико-экономические показатели участка	демонстрационный лист
Выводы	демонстрационный лист



## Введение

На сегодняшний день нефть и газ являются важнейшим товаром России на мировом рынке. Доходы от их продажи составляют весьма значительную часть (до 30% – по заявлениям премьер-министра России, хотя на самом деле эта цифра очевидно больше) бюджета государства. Кроме того, они являются важнейшим сырьем для многих отраслей экономики самой России, в том числе, топливно-энергетического комплекса. Поэтому главнейшими для нефтегазовой отрасли и всей страны в целом являются вопросы эффективной добычи и транспортировки полезных ископаемых к потребителю (или покупателю).

Географически районы добычи и потребления нефти и газа разделены значительными расстояниями, поскольку основные запасы полезных ископаемых сосредоточены на Севере и на Востоке, а главными их потребителями являются центральные и западные регионы. В связи с этим, одной из наиболее существенных является проблема транспортировки нефти и газа. Безусловным лидером среди различных способов доставки является трубопроводный транспорт – магистральные трубопроводы. В этих условиях целесообразно рассмотрение проблемы качества сооружения магистральных трубопроводов как фактора, во многом определяющего последующую надежность их функционирования, от которой в значительной степени зависит благосостояние страны в целом.

Проблема качества сооружения магистральных трубопроводов автоматически распадается на более мелкие, поскольку качество сооружения всего трубопровода в целом зависит от качества отдельных видов работ, выполняемых при строительстве: подготовительных, земляных, сварочно-монтажных, изоляционно-укладочных, испытаний. Важнейшим процессом, весьма сильно влияющим на эксплуатационные характеристики будущего сооружения, являются сварочно-монтажные работы. Сварка на сегодняшний день является единственным способом соединения отдельных труб в секции

(укрупнительная сварка поворотных стыков) и в непрерывную нитку (сварка неповоротных стыков). Самым распространенным в трубопроводном строительстве России по сравнению с другими методами сварки неповоротных стыков является сварка в среде защитных газов.

Механизация и автоматизация сварочного производства – важнейшее средство повышения производительности труда, повышения качества сварного изделия, улучшения условий труда.

Перед сварочным производством стоят задачи, направленные на повышение эффективности производства в результате научно-технического прогресса и перевода экономики на интенсивный путь развития. Это, прежде всего переход к массовому применению высокоэффективных систем, машин, аппаратов, оборудования и технологических процессов, которые могут обеспечить высокую механизацию и автоматизацию производства, рост производительности труда и связанное с этим высвобождение рабочих.

В современных условиях сварочного производства первостепенное значение приобретает повышение производительности труда в результате качественно лучшего использования рабочей силы в процессе производства [1].

## 1 Обзор и анализ литературы

### 1.1 Оборудование для подготовки торцов труб применительно к сварке неповоротных стыков трубопроводов

Любое устройство для механической обработки торцов труб или кромок разделок неповоротных стыков трубопроводов содержит такие основные составные части, как движитель – электрический или пневматический привод, понижающий редуктор, планшайба с установленным на ней суппортом (суппортами), каждый из которых оснащен одним или двумя держателями резцов, механизм подачи резцов.

Движитель является одним из самых важных и необходимых узлов оборудования для подготовки неповоротных стыков трубопроводов под сварку. С учетом назначения и особенностей такого оборудования и специфических условий его эксплуатации наиболее целесообразным представляется исполнение движителей этого оборудования в виде пневмоприводов.

Основой любого пневмопривода является пневмодвигатель. По сравнению с движителями других типов пневмодвигатели имеют ряд преимуществ, среди которых можно отметить: значительно меньшие удельный объем, габаритные размеры и массу, чем у электродвигателей с аналогичными энергетическими параметрами (мощность и т.п.), способность надежно работать в условиях одновременного воздействия высокой температуры и влажности внешней среды, значительной вибрации и ударов, более высокие, чем у электродвигателей, показатели надежности, принципиальную возможность (в отличие от электродвигателей) обеспечивать выполнение требований безопасности при эксплуатации в опасных и особо опасных условиях, гораздо более простое и дешевое техническое обслуживание.

Наиболее высокой надежностью характеризуются получившие наибольшее распространение пневмодвигатели лопаточного типа, в которых

момент вращения определяется площадью поверхности лопаток, подвергаемой давлению сжатого воздуха, и уровнем этого давления, что дает возможность регулирования скорости и момента вращения пневмодвигателя путем изменения давления поступающего в него воздуха.

Характерными особенностями пневмодвигателей лопаточного типа являются необходимость обеспечения конструктивной прочности и жесткости цилиндра – корпуса и высокой точности обработки его внутренних поверхностей, что, с одной стороны, требует изготовления заготовки корпуса ковкой или же с использованием других довольно технологически сложных способов формообразовании только высокоточных металлообрабатывающих станков, а и специализированной технологической оснастки и нестандартных устройств для контроля линейных и угловых размеров, и выполнения требований к оптимальному профилю и точности изготовления лопаток ротора, к зазорам между кромками лопаток и внутренними поверхностями корпуса и к исполнительным размерам выходного отверстия. Отмеченные особенности изготовления пневмодвигателей обуславливают существенные первичные затраты на технологическое оборудование и оснащение, а также на подготовку производства, что может быть экономически оправдано только при условии крупносерийного или массового производства. Следует также принимать во внимание, что до настоящего времени отечественное производство пневмодвигателей отсутствует [2].

## 1.2 Разработка технологии комбинированного соединения неповоротных стыков толстостенных труб из высокопрочных сталей

В современных энергетических системах, в том числе и в газотранспортных, рассчитанных на высокие давления, широко используются трубопроводы, сооружаемые из толстостенных труб, изготовленных из высокопрочных сталей.

Соединение таких труб представляет собой трудоемкую и ответственную операцию, которая выполняется в полевых условиях, как правило, электродуговой сваркой (ЭДС) высококвалифицированными специалистами. Для электродуговых технологий сварки необходима специальная подготовка торцов труб перед сваркой – изготовление разделки кромок, от геометрической формы и размеров которой во многом зависит качество и механические свойства соединений.

Наиболее сложной и ответственной технологической операцией ЭДС труб является сварка корневого шва. Опыт применения сварки неповоротных стыков различных трубопроводов свидетельствует о том, что большая часть дефектов, выявляемых в них при неразрушающем контроле приходится на корневые швы.

Размеры корневой части разделки контролируются шаблоном и должны находиться в пределах десятых долей миллиметра. При этом не всегда удается достигнуть таких же высоких требований по уровню сборки тяжеловесных и крупногабаритных труб перед сваркой на отсутствие недопустимых зазоров и смещений между ними при монтаже в полевых условиях.

Для сварки труб с большей толщиной стенки (более 20 мм) требуется новое поколение сварочных машин, что связано прежде всего с увеличением их установленной электрической мощности и усилия осадки. Проекты таких машин разработаны в ИЭС им. Е.О. Патона. Для их промышленной реализации необходимы соответствующие заказы и потенциальные объемы производства [3].

### 1.3 Разработка технологии механизированной дуговой сварки при ремонте магистрального газопровода под давлением

Известно, что механизированная дуговая сварка в защитных газах приводит к росту производительности сварочных работ по сравнению с ручной

дуговой. Системы механизированной дуговой сварки на трубопроводах, разработанные ведущими мировыми компаниями (ESAB, Lincoln Electric, CRC) используются уже не менее 40 лет. Однако все эти разработки касаются условий сварки при строительстве магистральных газопроводов (МГ).

Опыт механизации ремонтных сварочных работ в полевых условиях на магистралях, находящихся под внутренним давлением, крайне ограничен.

В Украине в настоящее время при ремонте МГ под давлением применяются технологии, которые предусматривают использование ручной дуговой сварки. С одной стороны, это связано с простотой сварочного процесса, его доступностью для полевых условий ремонта, широким спектром имеющихся сварочных материалов и оборудования. В то же время ручной метод сварки регламентирован различными нормативно-техническими документами, которыми руководствуются при выполнении работ на МГ, в том числе и под давлением.

Главным недостатком является сравнительно низкая скорость сварки, что отражается на продолжительности процесса ремонта. Для примера можно сказать, что сварка только одного кольцевого стыка на трубопроводе диаметром 1420 мм бригадой из двух сварщиков длится более 5 ч. Учитывая, что подобные ремонты требуют снижения давления в магистрали, такая возможность по разным причинам в условиях транзита газа по Украине появляется только в ночные часы, когда снижается объем потребления газа. В связи с этим увеличивается риск получить дефекты в сварных швах при недостаточной видимости.

Таким образом, существует необходимость в интенсификации ремонтно-сварочных работ с одновременным повышением их качества и безопасности. Одним из вариантов выхода из такого положения является применение технологий механизированной дуговой сварки в защитных газах новейшими сварочными материалами.

Выбор сварочных материалов для механизированной дуговой сварки. В настоящее время при строительстве и ремонте МГ для механизированной

дуговой сварки в защитных газах регламентированы к применению проволоки сплошного сечения и порошковые проволоки, которые должны соответствовать требованиям.

Для отработки технологии механизированной дуговой сварки в защитных газах во всех пространственных положениях (потолочное, вертикальное, горизонтальное на вертикальной поверхности, нижнее), выбраны следующие сварочные материалы: проволока сплошного сечения Св-08Г2С (Украина); порошковые проволоки DW-50, DW-A55 (Kobelco, Япония), E71T-1 (Baoding lanyu welding material, КНР) и ППс-ТМВ7 («ТМ. ВЕЛТЕК», Украина). Такой выбор обосновывается необходимостью сравнить сварочно-технологические характеристики новых, современных высококачественных порошковых проволок с хорошо известной по опыту широкого применения в промышленности более дешевой проволокой Св-08Г2С с целью определения возможности их дальнейшего применения в условиях ремонта МГ под давлением [4].

#### 1.4 Заключение

Для обработки кромок труб следует применять специализированное оборудование. Правильная сборка стыка труб влияет на качество сварочного соединения. Для сварки стыка необходимо применять надежное оборудование. Необходимо выполнять правильный выбор сварочных материалов.

## 2 Объект и методы исследования

### 2.1 Описание сварной конструкции

Данное изделие представляет собой стыковое соединение труб диаметром 1420 мм и толщиной стенки 21,7 мм, изготовленных из стали 10Г2ФБЮ (класс прочности К60), поставляемых в соответствии с ТУ 14-156-77-2008. Сварной стык труб представлен на чертеже ФЮРА.000000.218.00.000 СБ.

Габаритные размеры изделия: 24000x1463,4 мм.

Масса, кг: 18204 кг.

Трубы эксплуатируются на открытом пространстве, подвергается непосредственному воздействию коррозии. В процессе эксплуатации возможен ремонт сваркой отдельных частей конструкции.

### 2.2 Требования НД предъявляемые к конструкции

#### 2.2.1 Подготовка труб

При сварке газопроводов применяются:

а) трубы большого диаметра (наружным диаметром от 530 до 1420 мм):

- прямошовные, изготовленные с применением электродуговой сварки, с одним или двумя продольными сварными швами;
- спиральношовные, изготовленные с применением электродуговой сварки;
- прямошовные, изготовленные с применением электроконтактной сварки токами высокой частоты;

б) трубы малого диаметра (наружным диаметром от 20 до 426 мм):

- прямошовные, изготовленные с применением электроконтактной



сварки токами высокой частоты;

- спиральношовные, изготовленные с применением электродуговой сварки;
- бесшовные.

Геометрические параметры заводской разделки кромок торцов труб для сборки под сварку с номинальной толщиной стенки до 15,0 мм включ. приведены на рисунке 2.1 а, геометрические параметры разделки кромок торцов труб с номинальной толщиной стенки более 15,0 мм при отсутствии специальных требований в ТУ или спецификации к контракту на поставку труб приведены на рисунке 2.1 б. [4].

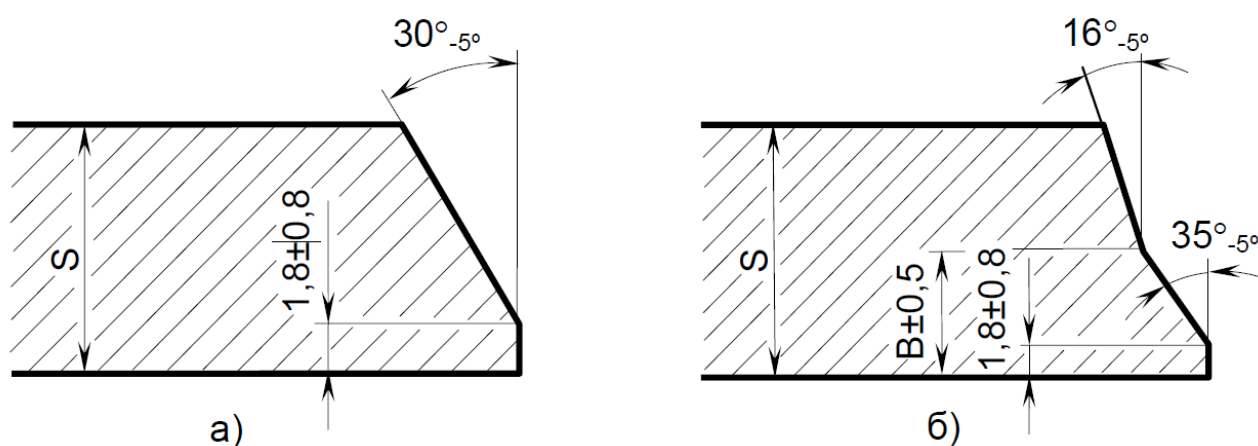


Рисунок 2.1 Геометрические параметры заводской разделки кромок торцов труб для сборки под сварку

а) трубы с толщиной стенки (S) до 15,0 мм включ.;

б) трубы с толщиной стенки св. 15,0 мм.

Значение параметра В:

- 9,0 мм для толщин стенок труб св.15,0 до 19,0 мм включ.;
- 10,0 мм » » 19,0 » 21,5 »;
- 12,0 мм » » 21,5 » 32,0 ».

Концы труб на расстоянии до 40 мм от торцов могут иметь допустимые предельные отклонения от номинальных размеров, которые оговариваются специальными ТУ или ГОСТ.

Подготовка, сборка, сварка соединений труб должны выполняться в соответствии с требованиями операционно-технологических карт сборки и

сварки, разработанных по аттестованным технологиям сварки, согласованных главным сварщиком или лицом, ответственным за сварочное производство – специалистом сварочного производства IV-го уровня профессиональной подготовки в соответствии с ПБ 03-273-99 [5] и утвержденных организацией, выполняющей сварочные работы.

Концы труб с рисками, задирами, царапинами глубиной более минусового допуска на толщину стенки, забоинами глубиной более 5,0 мм, наружными дефектами (риски, задиры, царапины) глубиной более 5,0 % от номинальной толщины стенки, плавными вмятинами глубиной более 3,5 % от номинального диаметра труб, а также любыми вмятинами, исправлению не подлежат и должны быть отрезаны.

В случае несоответствия заводской разделки кромок труб требованиям технологии механизированной и автоматической сварки, обработку (переточку) кромок под сварку необходимо производить механическим способом с применением станков подготовки кромок типа СПК. Для обеспечения возможности механической обработки, трубы должны быть выложены на инвентарных опорах (лежках), деревянных брусках, мешках с песком или др. наполнителем под углом от 15° до 20° к оси траншеи таким образом, чтобы расстояние между нижней образующей трубы и грунтом было не менее 450 мм.

После механической обработки концы труб должны быть защищены от механических повреждений обечайками, а также для предотвращения попадания внутрь труб влаги, снега и др., их концы должны быть закрыты инвентарными заглушками.

Внутренняя полость труб перед сборкой должна быть очищена от попавшего грунта, снега и других загрязнений. При очистке внутренней полости труб с внутренним гладкостным покрытием его целостность не должна быть нарушена.

Свариваемые кромки и прилегающие к ним внутренние и наружные поверхности свариваемых элементов должны быть зачищены механическим способом шлифмашинкой на ширину не менее 15 мм [5].

### 2.2.2 Сборка кольцевых стыков

Сборку соединений труб DN (Ду) 400 и более, одной номинальной толщины стенки следует выполнять с применением внутренних гидравлических или пневматических центраторов [5].

Внутренние и наружные центраторы не должны оставлять недопустимых дефектов, загрязнений (масляных пятен и др.) на внутренней или наружной поверхности свариваемых элементов (рисок, царапин и др.).

Внутренние центраторы, внутренние головки автоматической сварки не должны нарушать целостность внутреннего покрытия труб с внутренним гладкостным покрытием.

Требования к геометрическим параметрам разделки кромок и сборки стыковых и угловых сварных соединений труб приведены в соответствующих разделах по технологиям сварки настоящего стандарта.

Допускаются смещения кромок при сборке стыковых соединений:

а) электросварных труб, при этом:

- наружное смещение стыкуемых кромок с номинальной толщиной стенки 10,0 мм и более не должно превышать 20 % толщины стенки, но не более 3,0 мм;
- наружное смещение стыкуемых кромок с номинальной толщиной стенки < 10,0 мм не должно превышать 40 % толщины стенки, но не > 2,0 мм;

б) бесшовных труб, при этом:

- внутреннее смещение стыкуемых кромок с номинальной толщиной стенки от 2,0 до 3,2 мм не должно превышать 0,5 мм;
  - » св. 3,2 » 4,5 » » 1,0 мм;
  - » » 4,5 » 8,0 » » 1,5 мм;
  - » » 8,0 » 10,0 » » 2,0 мм.

- для труб с номинальной толщиной стенки 10,0 мм и более допускаются локальные внутренние смещения кромок до 3,0 мм на длине не

более 100 мм;

- наружное смещение не нормируется, однако при выполнении облицовочного слоя шва должен быть обеспечен плавный переход поверхности шва к основному металлу.

Измерение величины смещения кромок при сборке следует выполнять универсальными шаблонами типа УШС по наружным поверхностям или специальными шаблонами по внутренним поверхностям свариваемых элементов.

При сборке заводские швы свариваемых труб рекомендуется располагать в верхней половине периметра, при этом их следует смещать друг относительно друга на расстояние не менее:

- 100 мм для сварных соединений DN (Ду) 500 и более;
- 75 мм» » DN (Ду) менее 500.

В случаях технической невозможности смещения заводских швов при сборке соединений захлестов и др., расстояние между смежными заводскими швами рекомендуется согласовать с органами технического надзора Заказчика.

Не допускается в процессе сборки соединений труб с применением центраторов для установления необходимых параметров сборки (зазора, смещения кромок) применять ударный инструмент.

Величина зазора при сборке стыковых соединений труб назначается в зависимости от применяемых способов сварки первого (корневого) слоя шва, диаметров сварочных материалов и приведена в таблице 2.1 [5].

Таблица 2.1 – Величина зазора при сборке стыковых соединений труб

Способы сварки первого (корневого) слоя шва	Диаметр электрода или проволоки	Величина зазора
1	2	3
Ручная дуговая сварка электродами с основным видом покрытия на подъем неповоротных кольцевых стыковых соединений труб	2,5; 2,6; 3,0; 3,20; 3,25	2,0-3,0 2,5-3,5
Ручная дуговая сварка электродами с целлюлозным видом покрытия на спуск неповоротных кольцевых стыковых соединений труб	3,2; 4,0	1,0-2,5 1,5-2,5
Ручная дуговая сварка электродами с целлюлозным видом покрытия на подъем неповоротных кольцевых стыковых соединений труб	3,2	1,5-3,5
Механизированная сварка проволокой сплошного сечения в углекислом газе неповоротных кольцевых стыковых соединений труб	1,14	2,5-3,5
Автоматическая сварка проволокой сплошного сечения в защитных газах неповоротных кольцевых стыковых соединений труб комплексом оборудования (ф. «CRC-Evans AW», «Autoweld Systems»)	0,9; 1,0	Без зазора. Допускается наличие зазора не более 0,5 на участках стыкового соединения длиной до 100

Продолжение таблицы 2.1

1	2	3
Автоматическая сварка плавящимся электродом в защитных газах неповоротных кольцевых стыковых соединений труб комплексом оборудования CWS.02 (ф. «PWT»)	1,0	Без зазора. Допускается наличие зазора не более 0,5 на участках стыкового соединения длиной до 100
Автоматическая сварка плавящимся электродом в защитных газах неповоротных кольцевых стыковых соединений труб комплексом оборудования Saturnax (ф. «Serimax»)	1,0	Без зазора. Допускается наличие зазора не более 0,5 на участках стыкового соединения длиной до 100
Автоматическая сварка проволокой сплошного сечения в углекислом газе неповоротных кольцевых стыковых соединений труб сварочными головками M300-C (M300) (ф. «CRC-Evans AW»)	1,14	2,0-3,0

Продолжение таблицы 2.1

1	2	3
Автоматическая двусторонняя сварка проволокой сплошного сечения под флюсом поворотных стыковых соединений труб на трубосварочных базах типа БТС	3,0/3,2/4,0	Без зазора. Допускается наличие зазора не более 0,5 на участках стыкового соединения длиной до 100
Примечание – величина зазора при ручной аргонодуговой сварке устанавливается требованиями 10.4.3.3. [12]		

Сборку неповоротных кольцевых стыковых соединений труб на внутреннем центраторе рекомендуется выполнять без прихваток.

При сборке неповоротных кольцевых стыковых соединений труб на внутреннем центраторе на прихватках, они должны быть полностью удалены механическим способом шлифмашинкой в процессе сварки корневого слоя шва.

Количество, размеры прихваток в зависимости от номинального диаметра свариваемых элементов должны соответствовать требованиям таблицы 2.2 [5].

Таблица 2.2 – Размеры и количество прихваток при сборке соединений труб

DN (Д <sub>у</sub> ) труб	Количество прихваток не менее, шт.	Длина прихватки не менее, мм
До 400 включ.	2	20-30
Св. 400 до 1000 включ.	3	60-100
» 1000 » 1400 »	4	100-200

Прихватки следует выполнять сварочными материалами, рекомендованными для сварки корневого слоя шва.

Прихватки должны располагаться на расстоянии не ближе 100 мм от заводских швов свариваемых элементов. Начальный и конечный участок каждой прихватки следует обработать механическим способом шлифмашинкой для обеспечения плавного перехода при сварке первого (корневого) слоя шва.

До начала сварки (в т. ч. прихваток) должен производиться предварительный подогрев свариваемых кромок и прилегающих к ним участков труб в соответствии с требованиями 10.3 [5].

Освобождать жимки внутреннего центратора следует после завершения сварки:

- всего периметра первого (корневого) слоя шва ручной дуговой сваркой электродами с основным видом покрытия, механизированной сваркой проволокой сплошного сечения в углекислом газе, автоматической двухсторонней сваркой под флюсом;
- корневого слоя шва и горячего прохода ручной дуговой сваркой электродами с целлюлозным видом покрытия;
- корневого слоя шва и горячего прохода (1-го заполняющего слоя) при автоматической сварке проволокой сплошного сечения в защитных газах<sup>1</sup>.

### 2.2.3 Предварительный подогрев

Для предварительного, сопутствующего (межслойного) подогрева кромок свариваемых соединений следует применять [5] при толщинах стенки св. 17,0 до 22,0 мм при температуре воздуха выше 0 °С – установки индукционного нагрева, радиационного нагрева способом

---

<sup>1</sup> Либо корневого слоя шва при автоматической односторонней сварке проволокой сплошного сечения в защитных газах кольцевых стыковых соединений труб с толщиной стенки менее 19,0 мм



электросопротивления, нагрева с применением электронагревателей комбинированного действия или газопламенные нагревательные устройства (кольцевые газовые подогреватели, однопламенные горелки и др.).

Выбор оборудования для предварительного и сопутствующего (межслойного) подогрева выполняется производителями сварочных работ. Оборудование должно обеспечивать равномерный предварительный подогрев свариваемых соединений по толщине стенки и периметру в зоне шириной не менее 150 мм (т.е. не менее 75 мм в каждую сторону от свариваемых кромок), и, если необходимо, подогрев в процессе выполнения прихваток и межслойный подогрев в процессе сварки.

При проведении подогрева установками индукционного нагрева, радиационного нагрева способом электросопротивления, нагрева с применением электронагревателей комбинированного действия в случаях прекращения энергообеспечения или при выходе из строя установок нагрева, допускается выполнять нагрев газопламенными нагревательными устройствами (кольцевыми газовыми подогревателями, однопламенными горелками и др.) до возобновления энергообеспечения или замены вышедшего из строя оборудования, но не более, чем до конца рабочей смены или полного завершения сварного шва.

Подогрев не должен нарушать целостность изоляции. При применении газопламенных нагревательных устройств (горелок) следует применять термоизоляционные материалы (термоизолирующие пояса) и/или боковые ограничители пламени. Максимальная температура нагрева трубы в месте начала заводского изоляционного покрытия труб не  $> +100\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

Температура предварительного подогрева свариваемых кромок труб перед выполнением прихваток, первого (корневого) слоя шва должна соответствовать:

а) требованиям таблицы 2.3 – для ручной дуговой сварки электродами с основным видом покрытия и механизированной сваркой проволокой сплошного сечения в углекислом газе;

б)  $+50^{+30}$  °C при температуре окружающего воздуха ниже 0 °C и/или при наличии влаги на свариваемых кромках – для автоматической двухсторонней сварки под флюсом поворотных кольцевых стыковых соединений труб на трубосварочных базах типа БТС;

в)  $+100^{+30}$  °C независимо от температуры окружающего воздуха – при ремонте сварных соединений с толщинами стенок до 27,0 мм включительно.

При сварке труб с различными толщинами стенок или имеющих различное значение эквивалента углерода ( $C_e$ ) температура предварительного подогрева должна соответствовать максимальному значению, требуемому для одного из свариваемых элементов.

Контроль температуры предварительного подогрева свариваемых соединений газопламенными нагревательными устройствами должен выполняться непосредственно перед выполнением прихваток, первого (корневого) слоя шва контактными приборами на наружной поверхности в местах, равномерно расположенных по периметру, на расстоянии от 10 до 15 мм в обе стороны от свариваемых кромок.

Процесс подогрева кромок свариваемых соединений установками индукционного нагрева, радиационного нагрева способом электросопротивления и нагрева с применением электронагревателей комбинированного действия должен контролироваться в автоматическом режиме, при этом контроль температуры подогрева должен выполняться в местах, равномерно расположенных по периметру, с применением термопар и записью температуры подогрева на диаграмме автоматического регистрирующего потенциометра. Одна из этих термопар должна быть регулирующей и устанавливаться в зените газопровода. Места крепления термопар должны находиться на расстоянии не более 25 мм от края предполагаемого сварного шва вне зоны сварочной дуги.

Количество мест контроля температуры подогрева рекомендуется назначать по количеству прихваток.

В случае снижения температуры кромок свариваемых элементов в процессе сборки и сварки ниже значений, регламентированных 10.3.6 [5], необходимо выполнить подогрев до регламентированной температуры предварительного подогрева.

Таблица 2.3 – Температура предварительного подогрева при ручной дуговой сварке электродами с основным видом покрытия и механизированной сварке проволокой сплошного сечения в углекислом газе первого (корневого) слоя шва, прихваток соединений труб

Эквивалент углерода основного металла ( $C_a$ ), %	Температура предварительного подогрева (°C) при толщине свариваемых элементов								
	до 8,0 включ.	св. 8,0 до 10,0 включ.	св. 10,0 до 12,0 включ.	св. 12,0 до 14,0 включ.	св. 14,0 до 16,0 включ.	св. 16,0 до 18,0 включ.	св. 18,0 до 20,0 включ.	св. 20,0 до 27,0 включ.	св. 27,0
до 0,41 включ.					-35 °C	-15 °C	0°C		
св. 0,41 до 0,46 включ.				-15 °C	+5 °C				
	- подогрев до $+50^{+3^{\circ}}$ °C при температуре окружающего воздуха ниже $+5^{\circ}$ °C и/или наличии влаги на концах труб;								
-35 °C	- подогрев до $+100^{+3^{\circ}}$ °C при температуре окружающего воздуха ниже указанной и до $+50^{+3^{\circ}}$ °C при температуре окружающего воздуха ниже $+5^{\circ}$ °C и/или наличии влаги на концах труб;								
	- подогрев до $+100^{+3^{\circ}}$ °C независимо от температуры окружающего воздуха.								
	- подогрев до $+150^{+3^{\circ}}$ °C независимо от температуры окружающего воздуха.								

Допускается при снижении температуры предварительного подогрева свариваемых кромок не более, чем на 10 °C ниже регламентированного значения  $+50^{\circ}$  °C, не более 20 °C ниже регламентированного значения  $+100^{\circ}$  °C и

не более, чем на 30 °С ниже регламентированных значений +150 °С и +200 °С выполнять подогрев газопламенными устройствами (ручными, кольцевыми, одно- и многосопловыми горелками).

В процессе сварки температура предыдущего слоя сварного шва перед наложением последующего слоя должна находиться в интервале от +50 °С до +250 °С. При механизированной сварке самозащитной порошковой проволокой температура предыдущего слоя сварного шва перед наложением последующего слоя должна быть в интервале от +50 °С до +200 °С. Если температура опустилась ниже +50 °С, следует произвести сопутствующий (межслойный) подогрев до температуры +50<sup>+30</sup> °С.

Допускается для достижения необходимой межслойной температуры перед наложением последующего слоя (заполняющего, облицовочного) дополнительно подогревать сварные соединения кольцевыми и однопламенными (одно- и многосопловыми) газопламенными горелками [5].

#### 2.2.4 Сварка кольцевых стыков

При сварке корневого слоя шва соединений, сборка которых выполнена на наружном звенном центраторе, не допускается освобождать стягивающие механизмы центратора до выполнения не менее 60 % корневого слоя шва, при этом участки корневого слоя шва следует равномерно располагать по периметру сварного соединения, начало и конец каждого участка должны быть обработаны механическим способом шлифмашинкой и иметь плавный переход для сварки оставшейся части корневого слоя шва. При применении специальных наружных центраторов, позволяющих выполнять сварку полного периметра корневого слоя шва, корневой слой шва должен быть выполнен по полному периметру.

Укладку (опускание) трубы или трубной секции на инвентарные опоры (лежки), деревянные брусья, мешки с песком или др. наполнителем следует

выполнять после сварки [5] корневого слоя шва ручной дуговой сваркой электродами с основным видом покрытия или механизированной сваркой проволокой сплошного сечения в углекислом газе.

Возбуждение дуги при сварке следует выполнять только с поверхности разделки кромок свариваемых элементов. Не допускается зажигать дугу на поверхности металла труб.

Сварные соединения труб DN (Ду) 1000 и более должны быть зачищены шлифмашинкой с дисковой проволочной щеткой изнутри трубы для проведения визуального и измерительного контроля.

Количество слоев сварного шва, проходов (валиков) в каждом слое сварного шва при многопроходной (многоваликовой) сварке следует назначать в зависимости от толщины свариваемых кромок труб, способа сварки, параметров сборки и режимов сварки и указывать в операционно-технологической карте сборки и сварки.

Места начала и окончания сварки каждого слоя сварного шва должны быть удалены от заводских сварных швов труб на расстояние не менее:

- 100 мм для сварных соединений DN (Ду) 800 и более;
- 50 мм» » DN (Ду) менее 800.

Места начала и окончания сварки каждого последующего слоя сварного шва должны быть смещены относительно мест начала и окончания сварки предыдущего слоя шва, при этом место начала сварки должно быть смещено на расстояние не менее 30 мм, место окончания сварки должно быть смещено на расстояние не менее 70 мм. При многопроходной (многоваликовой) сварке места начала и окончания сварки соседних проходов (валиков) должны быть смещены друг от друга на расстояние не менее 30 мм.

В процессе сварки должен осуществляться пооперационный внешний осмотр качества выполнения слоев шва на отсутствие дефектов. Видимые дефекты швов должны своевременно устраняться. Пооперационный внешний осмотр должен осуществляться непосредственным руководителем сварочных работ (мастером, прорабом), являющимся специалистом сварочного

производства не ниже II-го уровня профессиональной подготовки в соответствии с ПБ 03–273–99 [6].

В процессе сварки каждый слой шва и свариваемые кромки, а также после завершения сварки облицовочный слой и прилегающие к нему поверхности труб на расстоянии не менее 10 мм должны быть зачищены от шлака и брызг наплавленного металла механическим способом шлифмашинками.

После завершения сварки всех слоев шва неповоротных кольцевых стыковых соединений труб, сваренный газопровод, до укладки в траншею, может быть переложен с инвентарных опор (лежек) на деревянные брусья, мешки с песком или др. наполнителем, или земляные призмы, накрытые специальным покрытием, обеспечивающим сохранность изоляции (по согласованию с Заказчиком).

По окончании сварки при температуре воздуха ниже +5 °С и/или при наличии осадков сварные соединения должны быть накрыты влагонепроницаемым теплоизолирующим поясом до полного остывания. В непосредственной близости от выполненного сварного шва несмываемой краской должны быть нанесены клейма сварщиков, операторов или бригады сварщиков, операторов.

Присоединение обратного кабеля к свариваемым трубам должно выполняться с помощью специальных устройств, обеспечивающих надежный контакт с телом трубы и исключающих образование искрений на теле трубы при сварке. Конструкция устройств должна обеспечивать токоподвод преимущественно в разделку кромок труб. Не допускается приваривать к телу трубы какие-либо крепежные элементы обратного кабеля [5].

## 2.3 Методы проектирования

Проектирование – это практическая деятельность, целью которой является поиск новых решений, оформленных в виде комплекта документации. Процесс поиска представляет собой последовательность выполнения взаимообусловленных действий, процедур, которые, в свою очередь, подразумевают использование определенных методов. Сложность процесса проектирования (как и любой другой творческой деятельности), нестандартность проектных (жизненных) ситуаций вызывают необходимость знания различных методов и умения владеть ими.

Метод – это прием или способ действия с целью достижения желаемого результата. Его выбор зависит не только от вида решаемой задачи, но и индивидуальных черт разработчика (его характера, организации мышления, склонности к риску, способности принимать решения и нести за них ответственность и т. п.), условий его труда и оснащенности средствами оргтехники.

Применение метода позволяет найти то или иное решение и, в итоге, выбрать окончательное.

Решение, которое будет обладать отличными характеристиками и высокой эффективностью, часто называют сильным решением.

В настоящее время известно множество методов, как универсальных, так и предназначенных для решения узкого круга задач. Ниже приведена классификация методов, используемых в проектировании, и даны ссылки на источники, содержащих сведения о наиболее распространённых из них.

Основные группы методов.

В процессе проектирования вид разрабатываемой системы (устройства, процесса, явления и т. д.) проходит развитие от первоначально нечётких словесных описаний, приведённых в техническом задании, до детальных чертежей и опытных образцов. Этот процесс сопровождается решением

отдельных взаимосвязанных задач, применением тех или иных моделей. В зависимости от объема и вида сведений о решаемой задаче методы можно подразделить на эвристические, экспериментальные и формализованные.

#### Методы конструирования.

Эвристические методы позволяют найти оригинальные или неожиданные идею, техническое решение, образ объекта. Однако на практике такое требуется примерно в 10% решаемых задач, когда важны существенные прорыв в новое или отрыв от конкурентов. Чаще необходимо усовершенствовать уже известное решение. Это объясняется тем, что инженерное решение всегда должно увязываться с его практической реализуемостью, с возможностью «воплощения в металле», то есть быть, прежде всего, технологичным, экономичным и не требовать длительных по времени работ. А потому новое решение обычно получают путем постепенного внесения малых изменений в прежнюю, уже существующую конструкцию, используя разные методы и подходы, условно называемые методами конструирования.

К методам конструирования относятся методы на основе преемственности, унификации, агрегатирования, модификации, стандартизации, инверсии и другие. По своему характеру эти методы являются эвристическими.

Конструктивная преемственность – это постепенное совершенствование конструкции путем введения в нее отдельных новых или дополнительных деталей, узлов, агрегатов взамен морально устаревших и неудовлетворяющих современным требованиям, либо с целью изменения прежних характеристик изделия. Метод основан на совершенствовании уже существующей конструкции. Он включает следующие этапы:

- составление списка новых требований к конструкции и его анализ;
- выявление в конструкции частей, препятствующих удовлетворению этих требований;



— поиск путей по усовершенствованию данных частей или поиск вариантов для их замены.

Метод широко использует основные эвристические методы. Так, для поиска слабых мест в конструкции эффективно применять метод иерархической декомпозиции, расчлняя изделие на как можно более простые или элементарные части и отыскивая те, с которыми связана неудовлетворительная работа всего изделия. Чем элементарнее будет заменяемая часть, тем проще и быстрее будет создана более совершенная конструкция: меньше времени уйдет на разработку, не понадобится существенно переналаживать технологический процесс. При этом необходимо выполнять проверку на состыковку новой части с остальными частями изделия (по геометрическим размерам и формам сопрягаемых поверхностей, усилиям взаимодействия и передаваемой мощности и другим входным и выходным параметрам) и обращать внимание на то, чтобы согласование размеров, создание специальных условий и т. д. не усложняло технологию изготовления и сборки соседних взаимодействующих частей.

Методы автоматизации процедур проектирования.

До 60-х годов орудиями труда проектировщика служили кульман, циркуль, логарифмическая линейка и другие подобные устройства. Проектирование велось по аналогии с использованием оригинальных решений, а ускорение работ достигалось преемственностью технических решений. Нередко возникали ситуации, когда период проектирования сложных систем был соизмерим со временем их морального износа. Длительность сроков вызывалась, прежде всего, большим объемом рутинных, ручных работ. Наличие в проектной деятельности формализованных процедур и широкое распространение компьютеров послужили основой автоматизации всех этапов жизненного цикла.

Основная тенденция развития таких систем идет в направлении создания автоматических систем, которые способны выполнять заданные функции или процедуры без участия человека. Роль человека заключается в подготовке

исходных данных, выборе алгоритма (метода решения) и анализе полученных результатов. Однако присутствие в решаемых задачах эвристических или сложно программируемых процедур объясняет широкое распространение автоматизированных систем. Здесь человек участвует в процессе решения, например, управляя им, вводя промежуточные данные. На степень автоматизации влияют продолжительность времени, отведенного на решение задачи, и её вид – типовая или нет. Так, при срочном поиске решения нестандартной задачи следует полагаться только на самого себя.

Применение автоматизированных и автоматических процедур порождает и новую проблему – достоверность получаемых результатов: ошибки могут быть следствием как неверных действий при вводе данных и управлении работой компьютера, так и сбоя в его работе. Для повышения чувства уверенности следует пользоваться правилом.

Ещё до решения любой по сложности задачи инженер должен представлять порядок получаемого результата или возможный вид решения [7, 8, 9].

## 2.4 Постановка задачи

Целью работы является разработка технологических карт сварки и контроля.

Задачей дипломной работы является изучение составных деталей изделия, определения марки стали, выбора метода сварки, определения режимов сварки и сварочных материалов, а так же пронормировать операции, составить технологический процесс, рассчитать необходимое количество оборудования и численность рабочих.

### 3 Разработка технологического процесса

#### 3.1 Анализ исходных данных

##### 3.1.1 Основные материалы

Плеть трубопровода – это цельносварная конструкция состоящая из труб, изготовленных из стали марки 10Г2ФБЮ.

Химический состав и механические свойства стали 10Г2ФБЮ приведены в таблицах 3.1 и 3.2.

Таблица 3.1 – Химический состав стали 10Г2ФБЮ, % (ГОСТ 19281-2014) [10]

C	Si	Mn	Al	V	Nb	Ti	S	P	Cr	N	Cu	As
							Не более					
0,08-0,13	0,15-0,35	1,6-1,8	0,02-0,05	0,05-0,12	0,02-0,06	0,01-0,035	0,035	0,03	0,3	0,012	0,3	0,08

Таблица 3.2 – Механические свойства стали 10Г2ФБЮ по ГОСТ 19281-2014 [11]

Сортамент	$\sigma_b$ , МПа	$\sigma_T$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %	KCU	KCV
Трубы, 14-156-77-2008	510-590	360-480	20	50-85 при -20°C	34,3-58,8 при -60°C	39,2-107,8 при -20°C

Сталь 10Г2ФБЮ ГОСТ 19281-2014 – конструкционная низколегированная сталь для сварных конструкций. Используется для изготовления электросварных прямошовных труб группы прочности K60 для магистральных газопроводов, нефтепроводов и нефтепродуктопроводов.

Условное обозначение трубы: Труба ХЛ – 3 – 1420х21,7 – К60 – ОТО.

ХЛ – хладостойкое исполнение обеспечивает требования по ударной вязкости при температуре от -20 °С до -60 °С;

3 – прямошовные трубы,  $\varnothing$  от 530-1420 мм;

1420 – диаметр трубы, мм;

21,7 – толщина стенки трубы, мм;

K60 – класс прочности материала труб;

Временное сопротивление разрыву, МПа – 588;

Предел текучести, МПа – 412;

Относительное удлинение, % – 16;

ОТО – объемная термическая обработка.

Основным критерием при выборе материала является свариваемость. При определении понятия свариваемости металлов необходимо исходить из физической сущности процессов сварки и отношения к ним металлов. Процесс сварки – это комплекс нескольких одновременно протекающих процессов, основными из которых являются: процесс теплового воздействия на металл в околошовных зонах, процесс плавления, металлургические процессы, кристаллизация металлов в зоне сплавления. Следовательно, под свариваемостью необходимо понимать отношение металлов к этим основным процессам. Свариваемость металлов рассматривают с технологической и физической точки зрения [12].

Тепловое воздействие на металл в околошовных участках и процесс плавления определяются способом сварки, его режимами. Отношение металла к конкретному способу сварки и режиму принято считать технологической свариваемостью. Физическая свариваемость определяется процессами, протекающими в зоне сплавления свариваемых металлов, в результате которых образуется неразъемное сварное соединение.

Физическая свариваемость определяется свойствами соединяемых металлов, их способностью вступать между собой в требуемые физико-химические отношения. Все однородные металлы обладают физической свариваемостью.

Такие особенности сварки, как высокая температура нагрева, малый объем сварочной ванны, специфичность атмосферы над сварочной ванной, а также форма и конструкция свариваемых деталей и т.д. – в ряде случаев

обуславливают нежелательные последствия:

- резкое отличие химического состава, механических свойств и структуры металла шва от химического состава, структуры и свойств основного металла;
- изменение структуры и свойств основного металла в зоне термического влияния;
- возникновение в сварных конструкциях значительных напряжений, способствующих в ряде случаев образованию трещин;
- образование в процессе сварки тугоплавких, трудно удаляемых окислов, затрудняющих протекание процесса, загрязняющих металл шва и понижающих его качество;
- образование пористости и газовых раковин в наплавленном металле, нарушающих плотность и прочность сварного соединения и другое.

При различных способах сварки наблюдается заметное окисление компонентов сплавов. В стали, например, выгорает углерод, кремний, марганец, окисляется железо. В связи с этим в определение технологической свариваемости должно входить:

- определение химического состава, структуры и свойств металла шва при том или ином способе сварки;
- оценка структуры и механических свойств околошовной зоны;
- оценка склонности сталей к образованию трещин, которая, однако, является не единственным критерием при определении технологической свариваемости;
- оценка получаемых при сварке окислов металлов и плотности сварного соединения.

Существующие методы определения технологической свариваемости могут быть разделены на две группы: первая группа – прямые способы, когда свариваемость определяется сваркой образцов той или иной формы; вторая группа – косвенные способы, когда сварочный процесс заменяется другими процессами, характер воздействия которых на металл имитирует влияние

сварочного процесса. Первая группа даёт прямой ответ на вопрос о предпочтительности того или иного способа сварки, о трудностях, возникающих при сварке тем или иным способом, о рациональном режиме сварки и т.п. Вторая группа способов, имитирующих сварочные процессы, не может дать прямого ответа на все вопросы, связанные с практическим осуществлением сварки металлов, и они должны рассматриваться только как предварительные лабораторные испытания.

Для классификации по свариваемости стали подразделяются на четыре группы:

- первая группа – хорошо сваривающиеся стали;
- вторая группа – удовлетворительно сваривающиеся стали;
- третья группа – ограниченно сваривающиеся стали;
- четвёртая группа – плохо сваривающиеся стали.

Основные признаки, характеризующие свариваемость сталей, – это склонность к образованию трещин и механические свойства сварного соединения.

Для определения стойкости металла против образования трещин определяют эквивалентное содержание углерода по формуле, которую предложил французский ученый Сефериан [13]:

$$C_{\text{экв}} = C + (\text{Mn}/6) + (\text{Si}/24) + (\text{Ni}/10) + (\text{Cr}/5) + (\text{Mo}/4) + (\text{V}/14), \quad (3.1)$$

где символ каждого элемента обозначает максимальное содержание его в металле (по техническим условиям или стандарту) в процентах.

Если углеродный эквивалент  $C_{\text{экв}}$  больше 0,45 процентов, то для обеспечения стойкости околошовной зоны против образования околошовных трещин и закалочных структур следует применять предварительный подогрев, а в ряде случаев и последующую термообработку свариваемого металла.

Рассчитаем эквивалентное содержание углерода для стали 10Г2ФБЮ:

$$C_{\text{экв}} = 0,08 + (1,6/6) + (0,15/24) + (0,3/5) + (0,05/14) = 0,416 \, \%$$

10Г2ФБЮ – конструкционная низколегированная сталь для сварных конструкций по ГОСТ 19281-2014 [10]. Несмотря на большое эквивалентное

содержание углерода эта сталь относится к первой группе свариваемости и обладают хорошей свариваемостью [14]. Рекомендуется последующая термообработка.

### 3.1.2 Обоснование и выбор способа сварки

Способы сварки при разработке технологии следует выбирать как из числа типовых, так и из числа специальных способов сварки, чтобы проектируемая технология наиболее соответствовала современным требованиям, была эффективной и перспективной.

Выбранный способ сварки должен удовлетворять требованиям, установленным исходными данными. Если в результате выбора предполагается несколько способов, то окончательный выбор производится по результатам экономической эффективности.

Для стали 10Г2ФБЮ рекомендуются следующие способы сварки: механизированная и автоматическая сварка в среде защитных газов  $\text{CO}_2$  электродной проволокой диаметром 0,8...2,0 мм; автоматическая дуговая сварка под флюсом электродной проволокой диаметром 1,6...5,0 мм и ручная дуговая сварка [14]. Механизированную сварку неповоротных кольцевых стыковых соединений труб одной толщины стенки выполняется по комбинированной технологии сварки, при которой сварка корневого слоя шва выполняется проволокой сплошного сечения в среде углекислого газа, сварка заполняющих и облицовочного слоев шва – самозащитной порошковой проволокой.

### 3.1.3 Выбор вспомогательных материалов

Для сварки корневого шва в среде защитных газов выберем сварочную проволоку [5] Lincoln NR-204H диаметром 1,7 миллиметра. Сварку ведут на спуск.

Химический состав проволоки Lincoln NR-204H и механические свойства металла шва приведены в таблицах 3.3 и 3.4.

Таблица 3.3 – Химический состав проволоки Lincoln NR-204H [15]

C, %	Mn %	Si, %	P, %	S, %	Ni, %	Cr, %	Al, %
0,08	1,1	0,27	0,008	0,003	0,9	0,04	0,85

Таблица 3.4 – Механические свойства наплавленного металла шва [15]

$\sigma_T$ , МПа	$\sigma_B$ , МПа	$\delta$ , %	KCU, кДж/см <sup>2</sup>
			-29 <sup>0</sup> C
400	480-620	20	27

Заполняющие, корректирующий и облицовочный слои выполняются механизированной сваркой самозащитной порошковой проволокой Innershield NR-203Ni1 (1%) диаметром 2 мм. Innershield (Иннершилд) – это ручной покрытый электрод “вывернутый наизнанку” и изготовленный в виде непрерывной проволоки. Внешний диаметр такой проволоки колеблется в пределах от 035” (0,9 мм) до 5/64” (4,0 мм) в зависимости от размеров электрода. С помощью такой порошковой проволоки практически любую работу можно выполнить гораздо более эффективно. Цеховое производство, монтаж металлоконструкций, сервисные и ремонтные строительные работы – во всех перечисленных областях применим полный набор электродов типа Innershield.

Сердцевина трубчатой проволоки заполнена флюсом следующего состава:

- металлический порошок.



- материалы, образующие защиту.
- раскислители.
- элементы, очищающие сварочную ванну.

Элементы, образующие газовую защиту дуги и шлак, защищают переносимый в сварочную ванну металл. Сама проволока Innershield, включая наполнитель сердцевины, негигроскопичны, поэтому позволяют наплавлять металл с низким содержанием водорода. Значительные преимущества металлургической структуры наплавленного электродами Innershield металла в главном образом обусловлены точно и тщательно контролируемым химическим балансом между тремя элементами – алюминием, кремнием и марганцем. Эта комбинация, также, формирует необходимый уровень раскисления, который снижает либо ограничивает уровень пористости металла шва, коррозионные и пластические свойства, обеспечивает стойкость к образованию трещин. Кроме того, флюс содержит различные легирующие добавки, позволяющие достичь желаемых механических свойств, таких как ударная вязкость металла шва, свойства сопротивления распространению трещин (CTOD), пластичность и прочность [16].

Химический состав проволоки Innershield NR-203Ni1 и механические свойства металла шва приведены в таблицах 3.5 и 3.6.

Таблица 3.5 – Химический состав проволоки Innershield NR-203Ni1 [17]

C, %	Mn %	Si, %	P, %	S, %	Ni, %	Cr, %	Al, %
0,08	1,1	0,27	0,008	0,003	0,9	0,04	0,85

Таблица 3.6 – Механические свойства наплавленного металла шва [17]

$\sigma_T$ , МПа	$\sigma_B$ , МПа	$\delta$ , %	KCU, кДж/см <sup>2</sup>
			-29 <sup>0</sup> C
400	480-620	20	27

Для защиты сварочной дуги и сварочной ванны принимаем двуокись углерода (CO<sub>2</sub>).

Двуокись углерода – бесцветный, неядовитый, тяжелее воздуха. Он хорошо растворяется в воде. Жидкая углекислота – бесцветная жидкость, плотность которой сильно изменяется с изменением температуры. Вследствие этого поставляется по массе, а не по объёму. При испарении 1 кг углекислоты образуется 509 литров двуокиси углерода.

Двуокись углерода поставляется по ГОСТ 8050-85 трёх сортов. Состав приведён в таблице 3.7.

Таблица 3.7 – Состав CO<sub>2</sub>, в % [14]

Содержание	Сорт		
	Высший сорт	1 сорт	2 сорт
CO <sub>2</sub> (не менее)	99,8	99,5	98,8
CO (не более)	0	0	0,05
Водяных паров при 760мм.рт.ст. и 20° С (не более), г/см <sup>3</sup> .	0,178	0,515	Не проверяют

### 3.2 Режимы сварки

Механизированная сварка проволокой сплошного сечения в углекислом газе (МП) рекомендуется для сварки корневого слоя шва неповоротных кольцевых стыковых соединений труб одной толщины стенки линейной части магистральных газопроводов диаметром от 325 до 1420 мм с толщинами стенок от 6,0 до 32,0 мм [5].

Кромки труб для механизированной сварки корневого слоя шва проволокой сплошного сечения в углекислом газе должны иметь нормативную заводскую разделку, либо должны быть подготовлены механическим способом станками подготовки кромок типа СПК с нормативным притуплением. Допускается для механизированной импульсно-дуговой сварки методом STT

выполнять подготовку кромок труб орбитальной газовой резкой с последующей обработкой механическим способом шлифмашинками [5].

Количество операторов механизированной сварки, одновременно выполняющих сварку корневого слоя шва должно быть не менее 2-х для сварных соединений Ду 500 мм и более.

Корневой слой шва при сборке на внутреннем центраторе рекомендуется выполнять без прихваток. В случае технической обоснованности применения прихваток они должны быть удалены механическим способом шлифмашинками при выполнении корневого слоя шва.

Механизированная сварка корневого слоя шва проволокой сплошного сечения в углекислом газе должна выполняться на постоянном токе обратной полярности. Направление сварки – на спуск. Возбуждение дуги должно проводиться только на кромках свариваемых элементов. Для предотвращения образования пор, обрыв дуги следует проводить на одной из свариваемых кромок [5]. Сварку рекомендуется начинать в положении 0<sup>00</sup> ч и заканчивать в положении 6<sup>00</sup> ч на расстоянии не менее 100 мм от заводских швов труб.

Начальный и конечный участок корневого слоя шва, выполненного первым оператором, следует обработать механическим способом (абразивным кругом) для обеспечения плавного перехода при сварке корневого слоя шва вторым оператором.

После выполнения корневого слоя шва его необходимо зачистить механическим способом шлифмашинками.

Перед началом работ должны быть выставлены следующие значения параметров режимов сварки:

а) пиковый ток от 400 до 430 А;

б) базовый ток от 45 до 50 А для толщин стенок труб менее 12 мм, либо от 50 до 55 А для толщин стенок труб от 12 мм и более;

в) скорость подачи проволоки от 230 до 305 см/мин (от 90 до 120 дюйм/мин) в положении сварки от 000 до 100 ч, либо от 330 до 405 см/мин (от 130 до 160 дюйм/мин) в положении сварки от 100 до 600 ч;

г) переключатель длительности заднего фронта импульса («Tailout») должен быть установлен в положение «0»;

д) переключатель «горячий старт» должен быть установлен в положение «2» или «3»;

е) расход газа от 10 до 16 л/мин;

ж) длительность предварительной подачи газа 0,5 с;

з) длительность послесварочной подачи газа от 0,5 до 1,0 с.

При зазоре 2,5 мм рекомендуется установить значение базового тока от 50 до 55 А, а в положении от 0<sup>00</sup> до 1<sup>00</sup> ч рекомендуется повысить скорость подачи проволоки до от 330 до 355 см/мин.

До начала сварки корневого слоя шва независимо от температуры окружающего воздуха должен быть выполнен предварительный подогрев свариваемых кромок труб до температуры 120±10° С.

Подогрев выполняем с использованием установки предварительного подогрева ППЧ-20-10 и горелки – марки ГВ «Кольцо-1420» Джет, они предназначены для нагрева стыков труб под сварку, и после сварки для снятия напряжения в шве при прокладке трубопроводов.

Технические характеристики установки предварительного подогрева ППЧ-20-10 и горелки кольцевой пропановой «Кольцо-1420» Джет приведены в таблицах 3.8 и 3.9.

Таблица 3.8 – Технические характеристики установки предварительного подогрева ППЧ-20-10 [18]

Наименование параметра, единица измерения	Величина
1	2
Мощность оборудования	25 кВт
Корпус	в отдельном корпусе
Напряжение питания	3*380В, 50 Гц
Выходная частота	8-11 кГц
Выходное напряжение	110 В

Продолжение таблицы 3.8

1	2
Габариты ширина*высота*глубина	550*820*550
Масса	74 кг
Тип охлаждения	воздушное
Рабочие температуры	-45 °С до +45 °С
Диаметр нагреваемых труб	до 1420 мм
Время нагрева	трубы диаметром 1420 мм, до 100 °С – 4,5 минут
Максимальна температура нагрева	до 300 °С
Количество выходных каналов	1

Предварительный, сопутствующий и межслойный подогрев сварных соединений до 300°С (температура нагрева зависит от марки свариваемой стали) осуществляется для получения сварки высокого качества путем удаления из зоны сварки влаги и обеспечения фоновой температуры свариваемых поверхностей.

Установка ППЧ-20-10 имеет компактный источник питания развивающий мощность до 25 кВт с воздушным охлаждением, который с легкостью помещается в сварочный трактор вместе со сварочным оборудованием, либо в другие помещения.

Гибкий индуктор (Индуктор- нагреватель НИГ) установки ППЧ-20-10 изготовлен в виде матов. В целях обеспечения прочности, повышенной износостойкости, а также удобства крепления на сложные предметы, маты покрываются защитным материалом KEVLAR.

Продуманная конструкция каждого узла установки ППЧ-20-10 обеспечивает высокий КПД несмотря на малую мощность в 20 кВт. Скорость нагрева 0°С до 100 °С трубы диаметром 1420х27 составляет не более 5 минут. Специальная термопара позволяет контролировать температуру нагрева изделия. Охлаждение установки ППЧ-20-10 и индуктора воздушное.

Состав установки индукционного нагрева ППЧ-20-10:

- генератор высокочастотный 20 кВт, 10 кГц;
- пульт дистанционного управления с термопарой;
- кабель высокочастотный (22 метра);
- пост нагрузочный;
- сетевой кабель;
- индуктор (нагревательный пояс) НИГ – выбираются исходя из

номенклатуры диаметров нагреваемых труб.

Дополнительные возможности установки ППЧ-20-10:

- термообработка сварных соединений индукционным и резистивным способом нагрева труб диаметром до 530 мм. Резистивный способ нагрева особенно удобен при термообработке врезок, изгибов и изделий сложной формы;

- применяя раздвижные индукторы серии НИГ-Р возможен нагрев для нанесения и сушки праймера сварного стыка трубы.

Внешний вид установки предварительного подогрева ППЧ-20-10 показан на рисунке 3.1.



Рисунок 3.1 Установка предварительного подогрева ППЧ-20-10

Таблица 3.9 – Технические характеристики горелки кольцевой пропановой «Кольцо-1420» Джет [19]

Наименование параметра, единица измерения	Величина
Диаметр трубы, мм	720
Горючий газ	пропан-бутан
Номинальное давление газа, МПа	0,25...0,35
Расход газа, кг/час	15-26
Масса, кг	38
Габаритные размеры, мм	2100x1650

Внешний вид горелки кольцевой пропановой «Кольцо-1420» Джет показаны на рисунке 3.2.



Рисунок 3.2 Горелка кольцевая пропановая «Кольцо-1420» Джет

Подогрев должен выполняться по всему периметру стыка на длину по 60-75 мм в каждую сторону от стыка. Перед подогревом на тело трубы следует устанавливать термоизолирующие пояса. Эти пояса устанавливают для концентрации высокой температуры на участках подогрева, а также для сохранения изоляции на наружной поверхности трубы. Технические характеристики пояса ТЗП-1420 (защита изоляции) приведены в таблице 1.10.

Таблица 3.10 – Технические характеристики термоизолирующего пояса ТЗП-1420 (защита изоляции) [20]

Наименование параметра, единица измерения	Величина
Диаметр трубы, мм	1420
Максимальная температура нагрева, °С	1100
Длина изделия, мм	4650
Ширина изделия, мм	160
Масса изделия, кг	2,03

Внешний вид термоизолирующего пояса ТЗП-1420 показаны на рисунке 3.3.





Рисунок 1.3 Термоизолирующий пояс ТЗП-1420

Продолжительность подогрева определяется экспериментально и зависит от пяти факторов:

- эквивалент углерода;
- толщина стенки трубы;
- температура окружающей среды;
- способ сварки корневого слоя шва;
- покрытие электродов, применяемых для сварки корневого слоя шва.

шва.

Оптимальный вылет сварочной проволоки от 10 до 16 мм. Допускается вылет сварочной проволоки до 20 мм.

Основные элементы техники ведения сварки корневого слоя шва механизированной сваркой проволокой сплошного сечения в углекислом газе с применением оборудования фирмы «The Lincoln Electric Company» методом STT (рисунок 3.4) [5]:

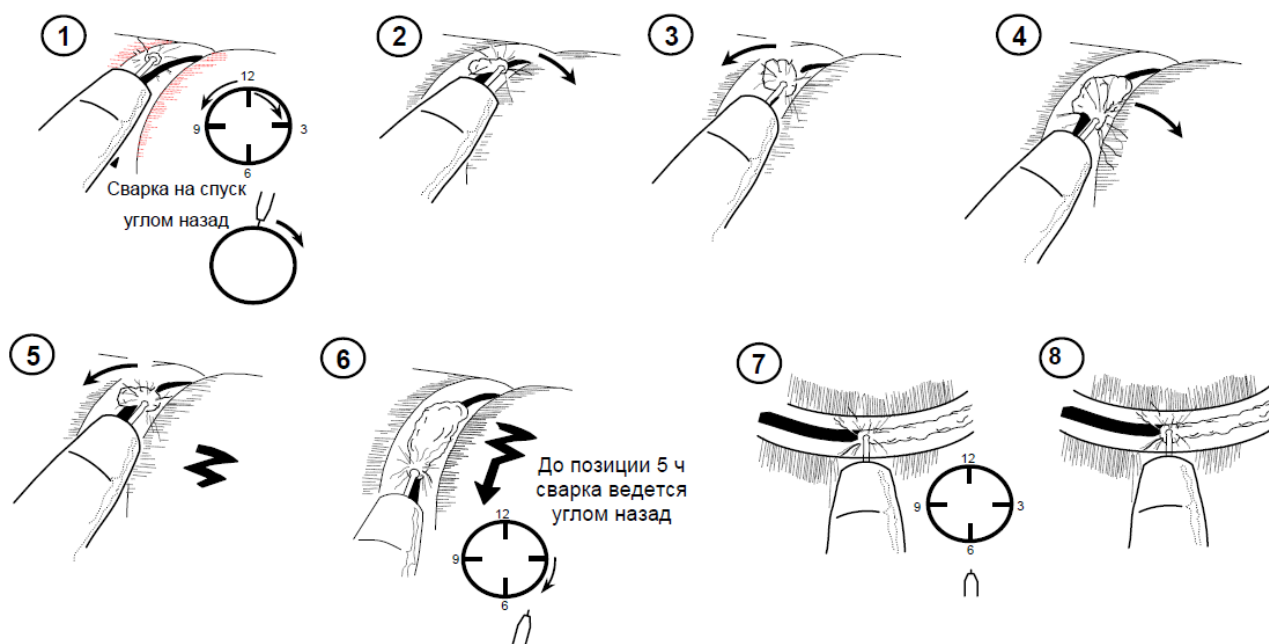


Рисунок 3.4 Техника механизированной сварки корневого слоя шва проволокой сплошного сечения в углекислом газе методом STT

- для начала сварки в положении  $0^{00}$  ч и возбуждения дуги, угол наклона сварочной горелки должен составлять от  $10^\circ$  до  $20^\circ$  (углом назад) (позиция 1, рисунок 1.4);
- после возбуждения дуги и образования сварочной ванны, ее следует плавно перевести с кромки на середину разделки. При этом пятно дуги должно располагаться в передней части сварочной ванны (первой трети сварочной ванны) (позиция 2, рисунок 1.4);
- в положении сварки от  $0^{00}$  до  $1^{00}$  ч сварку следует выполнять небольшими быстрыми дугообразными поперечными колебаниями (без задержки на кромках). Угол наклона сварочной горелки должен составлять от  $30^\circ$  до  $45^\circ$  (углом назад) (позиция 3, рисунок 1.4);
- в положении сварки от  $0^{30}$  до  $1^{00}$  ч колебания следует прекратить и в дальнейшем сварку следует выполнять прямолинейным движением сварочной горелки по центру разделки. Угол наклона сварочной горелки в положении от  $100$  до  $400$  ч должен составлять от  $20^\circ$  до  $45^\circ$  (углом назад) (позиции 4–6, рисунок 1.3);
- в положении сварки от  $4^{00}$  до  $5^{00}$  ч угол наклона сварочной горелки

следует постепенно уменьшать и довести до нулевого значения (перпендикулярно поверхности трубы);

- в положении сварки от  $5^{00}$  до  $6^{00}$  ч сварочную горелку следует держать в положении, перпендикулярном поверхности трубы (позиция 7, рисунок 1.4) либо с небольшим углом от  $5^\circ$  до  $10^\circ$  (углом назад). При зазоре более 3,5 мм в потолочном положении возможно возобновление поперечных колебаний;

- обрыв дуги для прекращения сварки в положении  $6^{00}$  ч следует выполнить на одной из свариваемых кромок (позиция 8, рисунок 1.4).

Схема положения сварочной горелки при механизированной сварке корневого слоя шва проволокой сплошного сечения в углекислом газе методом STT в различных пространственных положениях приведена на рисунке 3.5.

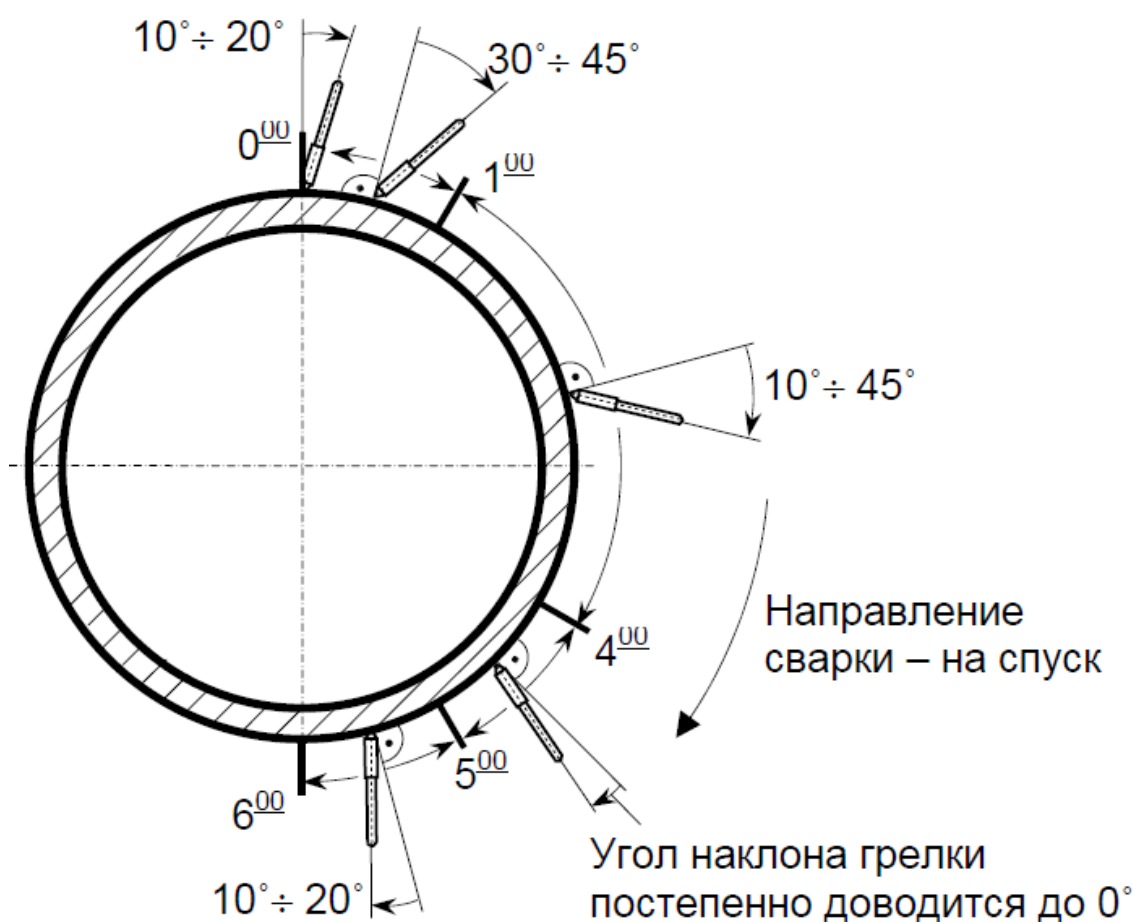


Рисунок 3.5 Положение сварочной горелки при механизированной сварке корневого слоя шва проволокой сплошного сечения в углекислом газе методом STT в различных пространственных положениях

Режимы сварки корневого слоя в CO<sub>2</sub> представлены в таблице 3.11.

Таблица 3.11 – Режимы сварки корневого слоя в CO<sub>2</sub>

Направление сварки	Скорость подачи проволоки*, м/мин	Род тока, полярность	Пиковый ток, А	Базовый ток, А	Вылет электрода, мм	Расход газа, л/мин
На спуск	2,3-4,05	обратная	400-430	50-55	10-16	10-16

Механизированная сварка самозащитной порошковой проволокой (МПС) рекомендуется для сварки заполняющих и облицовочного слоев шва неповоротных кольцевых стыковых соединений труб, а также специальных сварных соединений газопроводов (захлестные соединения, прямые вставки (катушки), разнотолщинные соединения труб) диаметром от 325 до 1420 мм с толщинами стенок от 6,0 до 22,0 мм.

Сварка самозащитной порошковой проволокой выполняется на спуск постоянным током прямой полярности [5].

Перед началом работ необходимо на механизме подачи сварочной проволоки установить два параметра сварочного процесса – напряжение и скорость подачи проволоки.

Следует строго соблюдать соотношение между устанавливаемыми параметрами сварочного процесса, т.к. отклонение значения напряжения для конкретной скорости подачи проволоки более чем на 1,0 В может приводить к возникновению дефектов [5].

Режимы механизированной сварки самозащитной порошковой проволокой марки Innershield NR-203Ni1 диаметром 2,0 мм заполняющих, подварочного и облицовочных слоев приведены в таблице 3.12.

Таблица 3.12 – Режимы механизированной сварки самозащитной порошковой проволокой марки Innershield NR-203Ni1 диаметром 2,0 мм заполняющих, подарочного и облицовочных слоев [5]

Сварочные слои	Направление сварки	Диаметр, мм	Полярность	Сварочный ток, А	Скорость подачи проволоки, м/мин	Напряжение, В
Заполняющие	На спуск	2,0	прямая	-	2-2,8	18,5—21,5
Корректирующий	На спуск	2,0	прямая	-	2-2,3	17,5-19,5
Облицовочный	На спуск	2,0	прямая	-	2-2,3	17,5-19,5

### 3.3 Выбор основного оборудования

Выбираем сварочное оборудование для механизированной сварки проволокой сплошного сечения в углекислом газе и дуговой сварки порошковой самозащитной проволокой. Полуавтомат должен обеспечивать сварочный ток 55...150 А; диаметр проволоки 1,7-2,0 мм; скорость подачи электродной проволоки 120 м/ч... 168 м/ч. Оборудование выбирается согласно отраслевому нормативному документу [5]. Исходя из этих данных выбираем: механизм подачи проволоки K316L-1 LN-23P [21], сварочный теристорный выпрямитель Lincoln Electric Idealarc DC400 [22].

Механизм подачи LN-23P создан специально для работы в тяжелых условиях. Это оптимальный выбор для строительства и полевой сварки труб. Мобильность и простота настройки делают эти модели оптимальным выбором для сварки в ограниченном пространстве.

Преимущества [21]:

- малый вес механизма, менее 23 кг, включая горелку Magnum® Innershield и катушку с проволокой, весом 6,3 кг;
- постоянный контроль скорости подачи проволоки и напряжения, аналоговая панель управления в стандартной комплектации;
- плотно закрытый корпус предохраняет проволоку от загрязнений;
- установленный на горелке двухпозиционный переключатель позволяет быстро и легко изменять параметры сварочных режимов в зависимости от пространственного положения сварки;
- простая и удобная панель управления, эргономичный дизайн, отработанный годами;
- соответствует требованиям стандартов IEC974-1, RoHS, CE и ГОСТ-Р.

Технические характеристики механизма подачи проволоки K316L-1 LN-23P представлены в таблице 3.14.

Таблица 3.14 – Технические характеристики механизма подачи проволоки K316L-1 LN-23P [21].

Наименование параметра	Значение
Напряжение питания, постоянное, В	14-50
Диаметр сварочной проволоки, мм	1,7- 2,0
Ток сварки, А	до 350
ПВ, %	60
Скорость подачи проволоки, м/ч	46 - 258
Габаритные размеры, (ДхШхВ) мм:	520x230x480
Масса, кг:	12,3

Внешний вид механизма подачи проволоки K316L-1 LN-23P представлены на рисунке 3.6.



Рисунок 3.6 Механизм подачи проволоки K316L-1 LN-23P

Сварочный полуавтомат Lincoln Electric Idealarc DC400 – надежный универсальный источник питания для сварки в защитном газе, порошковой проволокой, сварки под флюсом, РДС, аргонодуговой сварки на постоянном токе и дуговой строжки. Но универсальность отнюдь не означает сложность – Lincoln Electric Idealarc DC400 очень легко использовать. Для переключения между процессами достаточно повернуть переключатель режима сварки. Встроенные амперметр и вольтметр позволяют легко контролировать ключевые параметры сварки. Регуляторы индуктивности и форсирования дуги позволяют оператору быстро настроить аппарат для текущей задачи.

Ключевые особенности [22]:

- вольтметр и амперметр в стандартной комплектации;
- защитное покрытие электроники гарантирует долгий срок службы и надежность при продолжительной сварке;
- система регулировки параметров сварки постоянно контролирует пинч-эффект дуги, чтобы ограничить разбрызгивание, обеспечить текучесть металла и хороший внешний вид шва при сварке в защитном газе или порошковой проволокой;
- переключатель режима позволяет выбрать оптимальные

характеристики выходного тока;

Сеть питания 230/400/3/50-60. Процессы: MIG, порошковая проволока, ручная дуговая сварка, аргонодуговая сварка, Innershield, сварка под флюсом, строжка

Технические характеристики сварочного тиристорного выпрямителя Lincoln Electric Idealarc DC400 представлены в таблице 3.15.

Таблица 3.15 – Технические характеристики сварочного тиристорного выпрямителя Lincoln Electric Idealarc DC400 [22].

Наименование параметра	Значение
Сеть питания	230/400/3/50-60
Номинальная мощность	500A/40В при 50% 450A/38В при 60% 400A/36В при 100%
Потребляемый ток	77/45А
Диапазон сварочного тока	60-500А
Габаритные размеры (вхшхг)	698 мм х 566 мм х 840 мм
Вес нетто	215 кг

Внешний вид сварочного тиристорного выпрямителя Lincoln Electric Idealarc DC400 представлены на рисунке 3.7.



Рисунок 3.7 Сварочный тиристорный выпрямитель Lincoln Electric Idealarc DC400



### 3.4 Выбор оснастки

Оснастка технологическая – это совокупность приспособлений для установки и закрепления заготовок и инструмента, выполнения сборочных операций, деталей или изделий. Использование оснастки позволяет осуществить дополнительную или специальную обработку и/или доработку выпускаемых изделий.

При выполнении кольцевого стыка труб применяются: линейка 300, штангенциркуль ШЦ-2; внутренний центратор ЦВ147,

### 3.5 Выбор методов контроля, регламент, оборудование

#### 3.5.1 Методы контроля

Контроль качества сварных соединений газопроводов должен производиться лабораториями неразрушающего контроля, аттестованными в соответствии с ПБ 03–372–99 [6], специалистами неразрушающего контроля, аттестованными в соответствии с ПБ 03-440-02 [23].

При строительстве газопроводов применяют следующие методы неразрушающего контроля качества сварных соединений:

- визуальный и измерительный;
- радиационный (радиографический);
- ультразвуковой;
- магнитопорошковый;
- капиллярный.

Сварные соединения газопроводов, выполненные при строительстве газопроводов подлежат визуальному и измерительному контролю в объеме 100%.

Порядок проведения визуального и измерительного контроля, требования к геометрическим параметрам разделки кромок сварных соединений приведены в разделе 8 [24] настоящего стандарта.

Сварные соединения газопроводов, признанные годными по результатам визуального и измерительного контроля, подлежат неразрушающему контролю физическими методами.

Основным физическим методом контроля качества сварных соединений является радиографический контроль. Порядок проведения радиографического контроля приведен в разделе 9 [24].

В качестве дополнительного или дублирующего физического метода контроля качества сварных соединений применяют ультразвуковой контроль.

Порядок проведения ультразвукового контроля и параметры настройки ультразвуковых дефектоскопов приведены в разделе 10 [24].

Уровни качества, методы и объемы контроля физическими методами стыков приведены в таблице 1 [24].

При механизированной и автоматической сварке газопроводов, по согласованию с ОАО «Газпром», допускается применять в качестве основного физического метода ультразвуковой контроль при условии, что применяемое оборудование ультразвукового контроля имеет техническую возможность идентификации выявленных дефектов, регистрации результатов контроля на электронных и/или бумажных носителях, и согласованную в установленном порядке методику проведения ультразвукового контроля.

Для выявления возможных расслоений поверхности разделок кромок, уточнения границ дефектных участков кольцевых или продольных сварных швов, наружных и внутренних дефектов сварных швов применяют другие физические методы неразрушающего контроля (магнитопорошковый и капиллярный). Порядки проведения капиллярного и магнитопорошкового контроля приведены в разделах 11 и 12 [24].

Сварные соединения считаются годными, если в них отсутствуют дефекты, размеры которых превышают допустимые нормы, указанные в таблице 2 [24].

Технологические карты на контроль привелены в приложениях Б, В и Г.

Сварные соединения газопроводов, выполненные при строительстве подлежат визуальному и измерительному контролю в объеме 100 %.

Используемые инструменты: шаблон универсальный (УШСЗ), лупа измерительная ЛИ-3-10х; люксметр.

Сварные соединения газопроводов, признанные годными по результатам визуального и измерительного контроля, подлежат неразрушающему контролю физическими методами.

Основным физическим методом контроля качества сварных соединений является радиографический контроль.

Радиографический контроль следует проводить после внешнего осмотра сварного соединения и устранения обнаруженных наружных дефектов (незаплавленных кратеров, подрезов, выходящих на поверхность пор и т.д.).

Чувствительность радиографического контроля должна соответствовать II-му классу чувствительности по ГОСТ 7512 для сварных соединений уровня качества «А» и III-му классу чувствительности для сварных соединений уровня качества «В», «С».

Величина оптической плотности рентгеновского снимка согласно ГОСТ 7512 в зоне сварного соединения (на сварном шве) должна быть не менее 1,5 единиц оптической плотности (далее - е.о.п.). Верхний предел е.о.п. при использовании технических рентгенпленок может превышать 4 е.о.п. и ограничен лишь устройствами для просмотра снимков.

Проведение радиографического контроля.

После устранения всякого рода дефектов сварного шва, выявленных визуальным контролем, производят разметку сварного соединения. Сварной шов размечают на отдельные участки, задают начало и направление нумерации

для определенной последовательности каждого снимка, с целью привязки изображения сварного шва к его местоположению по периметру стыка.

Разметку сварного соединения выполняют несмывающейся быстросохнущей краской или маркером по металлу, обеспечивающими сохранение маркировки до сдачи трубопровода под изоляцию. Если при контроле используют мерительный пояс со свинцовыми цифрами, то достаточно одной метки начала укладки и направления укладки пленки (рулонной) или кассет с пленкой.

Для привязки снимков к сварному соединению системой свинцовых маркировочных знаков, установленных на стыке (на участке сварного стыка), обозначают:

- направление укладки кассет;
- номер пленки;
- шифр (характеристика) объекта;
- номер стыка;
- шифр (клеймо сварщика или бригады);
- шифр (клеймо дефектоскописта);
- дату проведения контроля.

Допускается маркировка радиографических снимков после проявления простым карандашом или маркером по следующим позициям:

- номер пленки;
- шифр (клеймо) сварщика (или бригады);
- шифр (клеймо) дефектоскописта.

Используемые инструменты и оборудование: мерительный пояс, прижимной пояс, канавочные эталоны чувствительности Fe №11,12,13 по ГОСТ 7512-82, карандаш-маркер, свинцовые маркировочные знаки, светонепроницаемые кассеты с форматной радиографической пленкой или рулонная радиографическая пленка, усиливающие экраны, дозиметр типа ДКТ-РМ-1621, предупреждающий сигнализатор (при наличии), индивидуальный

дозиметр типа ДТЛ, сигнальные знаки или флажки, ограждающая лента, рентгеновский аппарат Кроулер JME 24".

В качестве дополнительного или дублирующего физического метода контроля качества сварных соединений применяют ультразвуковой контроль.

Ультразвуковой контроль.

Подготовка сварного соединения к контролю.

Обеспечивают доступ к сварному соединению для беспрепятственного сканирования околошовной зоны.

Околошовную зону стыкового сварного соединения по обе стороны от шва и по всей его длине очищают от пыли, грязи, окалины, застывших брызг металла, забоин и других неровностей.

Чистота обработки поверхности околошовной зоны газопровода должна быть не хуже  $R_z 40$ , волнистость не должна превышать величину 0,015.

В качестве контактной смазки в зависимости от температуры окружающего воздуха применяют специальные контактные смазки, в том числе специализированные пасты отечественного и зарубежного производства, обеспечивающие стабильный акустический контакт в рабочем диапазоне температур окружающего воздуха при заданном уровне чувствительности контроля.

Допускается так же применение следующих видов контактной смазки:

- при температурах выше  $+30\text{ }^{\circ}\text{C}$  - солидол, технический вазелин;
- при температурах от минус  $30\text{ }^{\circ}\text{C}$  до плюс  $30\text{ }^{\circ}\text{C}$  - моторные или другие технические масла;
- при температурах ниже минус  $30\text{ }^{\circ}\text{C}$  - моторные или другие технические масла, разбавленные до необходимой консистенции дизельным топливом.

Выполнение контроля.

Производится сканирование путем продольно поперечного перемещения преобразователя вдоль шва в пределах от края валика усиления до  $X_n = 115\text{ мм}$  с азимутальным разворотом в  $15^{\circ}$ . Следует следить за обеспечением

акустического контакта. Сканирование произвести с обеих сторон усиления шва. В процессе контроля периодически проверять настройку дефектоскопа по СОП.

Для контроля применяется дефектоскоп A1212 MASTER.

В качестве измерительного инструмента применяют масштабные линейки, штангенциркули и другие инструменты, обеспечивающие измерение линейных размеров с точностью не ниже 0,5 мм.

### 3.6 Разработка технической документации

Основное требование к технологии любой совокупности операций, выполняемых на отдельном рабочем месте, заключается в рациональной их последовательности с использованием необходимых приспособлений и оснастки.

При этом должны быть достигнуты соответствующие требования чертежа, точность сборки, возможная наименьшая продолжительность сборки и сварки соединяемых деталей, максимальное облегчение условий труда, обеспечение безопасности работ. Выполнение этих требований достигается применением соответствующих рациональных сборочных приспособлений, подъёмно-транспортных устройств, механизации сборочных процессов [25].

Разработка технологических процессов включает:

1. расчленение изделия на сборочные единицы;
2. установление рациональной последовательности сборочно-сварочных, слесарных, контрольных и транспортных операций;
3. выбор типов оборудования и способов сварки.

В результате должны быть достигнуты:

- возможная наименьшая трудоёмкость;
- минимальная продолжительность производственного цикла;
- минимальное общее требуемое число рабочих;

- наилучшее использование производственного транспорта вспомогательного оборудования;
- возможный наименьший расход производственной энергии.

Для удобного расположения всех записей и расчётных данных технологический процесс выполняют на особых бланках, называемых ведомостями технологического процесса, технологическими и инструкционными картами.

Эти бланки после их заполнения составляют документацию разработки технологического процесса, которые должны содержать:

- наименование и условное обозначение изделия;
- название и условное обозначение (номер) сборочной единицы;
- число данных сборочных единиц в изделии;
- перечень данных сборочных единиц в изделии;
- название цеха;
- указание, откуда должны поступить детали на сборку и сварку и куда должна быть отправлена готовая сборочная единица;
- последовательный перечень всех операций;
- сведения по каждому переходу (приспособления, сварочное оборудование, рабочий и мерительный инструмент);
- данные о принятых способах и режимах сварки
- сведения о числе рабочих, их специальности и квалификации;
- нормы трудоёмкости, расходы основных и вспомогательных материалов [25].

Технологическая карта изготовления неповоротного кольцевого стыкового соединения труб приведена в приложении А.

### 3.7 Техническое нормирование операций

Цель технического нормирования – установление для конкретных организационно-технических условий затрат времени необходимого для выполнения заданной работы.

Техническое нормирование имеет большое значение, так как является основой всех расчетов при организации и планировании производства.

Норма штучного времени для всех видов дуговой сварки [26]:

$$T_{\text{ш}} = T_{\text{н.ш-к}} \cdot L + t_{\text{в.и}} \quad (3.2)$$

где,  $T_{\text{н.ш-к}}$  – неполное штучно-калькуляционное время;

$L$  – длинна сварного шва по чертежу;

$t_{\text{в.и}}$  – вспомогательное время, зависящее от изделия и типа оборудования.

Неполное штучно-калькуляционное время на 1 метр шва:

$$T_{\text{н.ш-к}} = (T_{\text{о}} + t_{\text{в.ш}}) \cdot \left(1 + \frac{a_{\text{обс.}} + a_{\text{отл.}} + a_{\text{п-з}}}{100}\right), \quad (3.3)$$

где,  $T_{\text{о}}$  – основное время сварки;

$t_{\text{в.ш}}$  – вспомогательное время, зависящее от длинны сварного шва.

$$T_{\text{о}} = \frac{F_1 \cdot \gamma \cdot 60}{I_1 \cdot \alpha} + \frac{F_n \cdot \gamma \cdot 60}{I_n \cdot \alpha} \cdot n. \quad (3.4)$$

Время сварки для 1 метра шва.

$$T_{\text{о}} = \frac{10 \cdot 7,85 \cdot 60}{55 \cdot 15} + \frac{34,5 \cdot 7,85 \cdot 60}{150 \cdot 15} \cdot 10 = 77,7 \text{ мин.}$$

Определим время на сварку кольцевого неповоротного стыка труб.

Зачистка кромок  $t_1=5$  мин.; подготовка кромок  $t_2=15$  мин.; масса трубы (2 шт)  $m_1=9102 \cdot 2= 18204$  кг; установка краном на площадку  $t_3=7,4 \cdot 2=14,8$  мин.; установка центратора и фиксация стыка  $t_4= 8$  мин.; установка индукционного подогревателя, термопоясов и подогрев  $t_5= 21$  мин.; снятие индукционного подогревателя и термопоясов  $t_6= 2,1$  мин; демонтаж центратора подогрев  $t_7= 3$  мин.



- 1)  $t_{в.и} = 5+15+14,8+8+21+2,1+3 = 68,9$  мин.;
- 2)  $T_{н.ш-к} = (77,7+0,75) \cdot \left(1 + \frac{27}{100}\right) = 99,7$  мин.;
- 3)  $T_{ш} = 99,7 \cdot 4,461 + 68,9 = 513,47$  мин.

### 3.8 Материальное нормирование

#### 3.8.1 Расход сварочной проволоки

Расчет расхода сварочной проволоки для сварки в защитном газе:

$$M_{ЭП} = K_{р. п.} \cdot (1 + \psi_p) \cdot M_{НО}, \quad (3.5)$$

где  $K_{р. п.}$  – коэффициент расхода проволоки, учитывающий потери её при наладке сварочного аппарата,  $K_{р. п.} = 1,02 \dots 1,03$ ; принимаем  $K_{р.п} = 1,03$ ;

$\psi_p$  – коэффициент потерь на разбрызгивание, зависящий от способа сварки,  $\psi_p = 0,01 \dots 0,15$ , принимаем  $\psi_p = 0,1$ ;

$M_{н.о.}$  – масса наплавленного металла;

$$M_{ЭП} = 1,03 \cdot (1 + 0,1) \cdot 12,4 = 14,05 \text{ кг.}$$

#### 3.8.2 Расход защитного газа

Расчет защитного газа произведем по формуле:

$$Q_{з.г.} = q_{з.г.} \cdot t_c, \quad (3.6)$$

где,  $q_{з.г.}$  – расход защитного газа.

$$Q_{з.г.} = 16 \cdot 444,57 = 7113 \text{ л.}$$

### 3.8.3 Расход электроэнергии

С учетом полевых условий работы, в данный расчет следует включить:

- расход дизельного топлива, потребляемого генератором:

$$C_{\text{топ}} = t_{\text{дг}} \cdot M_{\text{топ}} \cdot \Pi_{\text{топ}}, \text{ руб}, \quad (2.12)$$

где  $t_{\text{дг}}$  – продолжительность работы дизельного генератора во время сварки одного стыка, при нагрузке 70%,  $t_{\text{дг}} = 7,93$  ч;

$M_{\text{топ}} = 34$  л/час – расход топлива за час работы при нагрузке 70%;

$\Pi_{\text{топ}} = 20$  руб/л – цена дизельного топлива;

$$C_{\text{топ}} = 8,56 \cdot 34 \cdot 20 = 13556 \text{ руб},$$

- расход масла:

$$C_{\text{мас}} = t_{\text{дг}} \cdot M_{\text{мас}} \cdot \Pi_{\text{мас}}, \text{ руб}, \quad (3.7)$$

где  $M_{\text{мас}} = 0,07$  л – расход масла за час работы при нагрузке 70%;

$\Pi_{\text{мас}} = 70$  руб/л – цена масла.

$$C_{\text{мас}} = 8,56 \cdot 0,07 \cdot 70 = 41,93 \text{ руб},$$

Затраты на электроэнергию составят:  $Z_{\text{тэ}} = 13556 + 41,93 = 14008,26$  руб.

## 4 Конструкторский раздел

### 4.1 Проектирование сборочно-сварочных приспособлений

Одним из самых главных и наиболее эффективных направлений в развитии технического прогресса является комплексная механизация и автоматизация производственных процессов, в частности процессов сварочного производства.

Специфическая особенность этого производства – резкая диспропорция между объемами основных и вспомогательных операций. Собственно, сварочные операции по своей трудоемкости составляют всего 25-30% общего объема сборочно-сварочных работ, остальные 70-75% приходятся на сборочных, транспортных и различных вспомогательных работ, механизация и автоматизация которых осуществляется с помощью так называемого механического сварочного оборудования. Следовательно, если оценивать роль механического оборудования в общем комплексе механизации или автоматизации сварочного производства, то их можно охарактеризовать цифрой 70-75% всего комплекса цехового оборудования [27, 28, 29, 30, 31, 32, 33].

При сборке-сварке труб использован центратор ЦВ147 [34]. Внешний вид центратора ЦВ147 представлен на рисунке 4.1.



Рисунок 4.1 Центратор внутренний гидравлический ЦВ-147

## 5 Проектирование участка сборки-сварки

### 5.1 Пространственное расположение производственного процесса

Строительная полоса сооружения линейной части магистрального трубопровода представляет собой линейно-протяженную строительную площадку, в пределах которой передвижными механизированными производственными подразделениями – колоннами, бригадами, звеньями – выполняется весь комплекс строительства трубопровода, в том числе [35]:

- основные – строительные, строительно-монтажные и специальные строительные работы (СМР);
- вспомогательные – погрузка, транспортировка и разгрузка труб, изоляционных, сварочных и других материалов, оборудования, машин, механизмов, конструкций, изделий, деталей и др., обеспечивающих бесперебойное производство СМР;
- обслуживающие – контроль качества и безопасности производства СМР, обеспечение выполнения природоохранных мероприятий при выполнении основных и вспомогательных строительных процессов, техническое обслуживание и ремонт машин, механизмов, социально-бытовое обслуживание строителей, охрана материальных ценностей и т.п.

Подготовительные работы подразделяются на внедрассовые и внутривдассовые, относимые соответственно к мобилизационному и подготовительно-технологическому этапам подготовки строительного производства.

Во всех природно-климатических условиях строительства линейной части магистральных газопроводов при подготовке строительной полосы следует соблюдать четыре основных принципа [35]:

- первый – нанесение минимального ущерба окружающей природной среде (экологический принцип);

- второй – подготовка полос работы сварочно-монтажных бригад и изоляционно-укладочных колонн должна обеспечивать технически, технологически и организационно условия для разгрузки труб или трубных секций, их сварки в плети (сплошную нитку) различными методами, для выполнения изоляционно-укладочных работ (совмещенным или отдельным способом при трассовой изоляции и отдельным – при трубах с заводской или базовой изоляцией), а также для закрепления нефтепровода на проектных отметках путем его баллаستирования (железобетонными пригрузами, грунтом, грунтом с использованием нетканых синтетических материалов – НСМ и др.) или закрепления анкерными устройствами. Кроме того, указанные полосы должны обеспечивать аналогичные условия для выполнения работ по заварке захлестов и врезке линейной арматуры, устройству системы электрохимической защиты (ЭХЗ) нефтепровода, очистки полости трубопровода, а в дальнейшем обеспечивать эксплуатационное обслуживание линейной части магистрального нефтепровода;

- третий – планировка полосы разработки траншеи (с учетом диаметра и толщины стенки труб она должна соответствовать радиусу упругого изгиба нефтепровода в вертикальной плоскости за исключением участков врезки кривых вертикальных вставок, предусмотренных проектом) при геодезическом контроле на всем протяжении трассы;

- четвертый – полоса движения транспортных средств (вдольтрассовый проезд) должна быть спланирована с учетом возможности беспрепятственной транспортировки основных грузов – одиночных труб, длинномерных секций труб (до 36 м).

В свете этих основных принципов подготовка строительной полосы сооружения магистрального нефтепровода существенно усложняется в условиях болот и заболоченной местности (устройство дорог для прохода тяжелой строительной техники, закрепление нефтепровода на проектных отметках и др.), но еще более – в условиях вечномёрзлых грунтов. Это связано с сохранением растительного покрова на участках грунтов, неустойчивых при

оттаивании, опасностью образования по трассе нефтепроводов, проложенных в едином «коридоре», тундровых озер значительных размеров, что может исключить возможность эксплуатационного обслуживания газопроводов.

## 5.2 Расчет основных элементов производства

К основным элементам производства относятся рабочие, ИТР, контролеры, оборудование, материалы и энергетические затраты [26].

### 5.2.1 Определение количества необходимого числа оборудования

На участке сборки и сварки магистрального трубопровода производится сварка кольцевого стыка труб, для этого требуется один комплект оборудования.

### 5.2.2 Определение состава и численности рабочих

Численность/состав одной сварочно-монтажной бригады полуавтоматической сварки на объекте составляет:

- |                                    |        |
|------------------------------------|--------|
| - вспомогательный рабочий          | 2 чел; |
| - электросварщик                   | 2 чел; |
| - стропальщик                      | 1 чел; |
| - машинист трубоукладчика          | 1 чел; |
| - наладчик сварочного оборудования | 2 чел; |
| - электрик                         | 1 чел. |
| - ИТР                              | 1 чел. |
| - контролер качества продукции     | 1 чел. |

## 6 Финансовый менеджмент

### 6.1 Финансирование проекта и маркетинг

Маркетинг – это организационная функция и совокупность процессов создания, продвижения и предоставления ценностей покупателям и управления взаимоотношениями с ними с выгодой для организации. В широком смысле задачи маркетинга состоят в определении и удовлетворении человеческих и общественных потребностей.

Финансирование проекта осуществляется на 50% за счет заказчика, а 50% берет организация в банке. Погашение кредита будет осуществляться в соответствии с графиком утвержденным банком выдавшем кредит с учетом процентной ставки банка. Окончательный расчет с банком осуществляется после сдачи определенного участка трубопровода заказчику, и окончательного расчета заказчика с организацией.

### 6.2 Экономический анализ техпроцесса

Разработка технологического процесса изготовления неповоротных кольцевых стыковых соединений труб допускает различные варианты решения.

Сварочная техника позволяет изготавливать одни и те же конструкции различными способами. После выбора способов сварки по качественным критериям часто возникает ситуация, при которой несколько вариантов удовлетворяет факторам выбора. Для окончательного принятия решения и выбора единственного варианта технологии в этом случае требуется сравнительная экономическая оценка. Наиболее оптимальной и эффективной будет технология с минимальными затратами и, как правило, с максимальной производительностью.

Показатель приведенных затрат является обобщенным показателем. В нем находят отражения большинство достоинств и недостатков каждого из сравниваемых вариантов технологического процесса. Определения приведенных затрат  $Z_n$ , руб/изд. производят по формуле [36]:

$$Z_n = C + E_n \cdot K, \quad (6.1)$$

где  $C$  – себестоимость единицы продукции, руб/изд;

$E_n$  – норма эффективности дополнительных капиталовложений, руб/изд.;

$K$  – капиталовложения, руб/изд.

В предлагаемом технологическом процессе изготовления неповоротных кольцевых стыковых соединений труб в качестве способа сварки предложена механизированная сварка, корневой шов выполняется сплошной проволокой Lincoln NR 204H, а заполняющие швы выполняются порошковой проволокой Innershield NR-203Ni1. Для механизированной сварки принято следующее оборудование: механизм подачи проволоки K316L-1 LN-23P, сварочный теристорный выпрямитель Lincoln Electric Idealarc DC400.

Проведем технико-экономический анализ предлагаемого технологического процесса изготовления неповоротных кольцевых стыковых соединений труб. Расчеты будем проводить для трубы диаметром 1420 мм, толщиной стенки 21,7 мм. Длина сварного шва одного стыка 4,461 м. Расчетный производственный цикл сварки и контроля включает 1 этап (единица изделия): изготовление одного стыка труб.

### 6.2.1 Определение капитальных вложений в оборудование и приспособления

Капиталовложение в оборудование  $K_{co}$  определяем по формуле [36]:

$$K_{co} = \frac{\sum_{i=1}^n C_{oi} \cdot O_i \cdot \mu_{oi} \cdot T_{ш}}{F_d}, \quad (6.2)$$

где  $C_{oi}$  – оптовая цена единицы оборудования  $i$ -го типоразмера с учетом



транспортно-заготовительных расходов, руб.;

$O_i$  – количество оборудования  $i$ -го типоразмера, ед.;

$F_d$  – действительный годовой фонд времени работы оборудования,  
 $F_d=3752$  ч;

$\mu_{oi}$  – коэффициент загрузки оборудования  $i$ -го типоразмера.

Цены на оборудование берутся за 01.01.2020 (смотри таблицу 6.1).

Таблица 6.1 – Оптовые цены на сварочное оборудование [21] [37]

Наименование оборудования		Ц <sub>о</sub> , руб
K316L-1 LN-23P	2 шт.	344663,75
Lincoln Electric Idealarc DC400	2 шт.	736857

Результаты расчетов сводим в таблицу 6.2.

Таблица 6.2 – Капитальные вложения в сварочное оборудование

Наименование оборудования		К <sub>о</sub> , руб/ед.
K316L-1 LN-23P	2 шт.	8543,89
Lincoln Electric Idealarc DC400	2 шт.	

Капитальные вложения в приспособления найдем по формуле [36]:

$$K_{\text{пр}} = \frac{\sum_{j=1}^m K_{\text{пр}j} \cdot \Pi_j \cdot \mu_{\text{п}j} \cdot T_{\text{ш}}}{F_d}, \quad (6.3)$$

где  $K_{\text{пр}j}$  – оптовая цена единицы приспособления  $j$ -го типоразмера, руб.;

$\Pi_j$  – количество приспособлений  $j$ -го типоразмера, ед.;

$\mu_{\text{п}j}$  – коэффициент загрузки  $j$ -го приспособления.

Результаты расчетов сводим в таблицу 6.3.

Таблица 6.3 – Результаты расчетов приспособления [34]

Наименование оборудования	Ц <sub>пр</sub> , руб	С <sub>п</sub> , шт.	К <sub>пр</sub> , руб/ед
Предлагаемый технологический процесс			
Центратор внутренний гидравлический ЦВ-147	730000	1	2997,07

### 6.2.2 Определение затрат на основные материалы

Затраты на основной материал  $C_M$  руб/изд определяем по формуле [25]:

$$C_M = m_M \cdot k_{Т.З.} \cdot C_M - H_0 \cdot C_0 \text{ руб./изд.}, \quad (6.4)$$

где  $m_M$  – расход материала на одно изделие,  $m_M = 17959,3 \cdot 1,3 = 23347,09$  кг;

$C_M$  – средняя оптовая цена материала 10Г2ФБЮ, руб/кг,  $C_M = 57$  руб/кг;

$K_{ТЗ}$  – коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы,  $K_{ТЗ} = 1,04$ .

$H_0$  – норма возвратных отходов,  $H_0 = m_M \cdot 0,3 = 17959,3 \cdot 0,3 = 7004,13$  кг/шт;

$C_0$  – цена возвратных отходов,  $C_0 = 20$  руб/кг.

Подставляя значения в формулу получим:

$$C_M = 1,04 \cdot (23347,09 \cdot 57) - 7004,13 \cdot 20 = 1243932,96 \text{ руб/изд.}$$

Затраты на электродную проволоку СП для предлагаемого техпроцесса определяем по формуле [25]:

$$C_{п.с.} = \sum_{d=1}^h G_d \cdot k_{nd} \cdot \psi_p \cdot C_{п.с.}, \text{ руб/изд.}, \quad (6.5)$$

где  $G_d$  – масса наплавленного металла электродной проволоки Lincoln NR 204H Ø1,7 мм,  $G_d = 0,35$  кг;

$G_d$  – масса наплавленного металла электродной проволоки Innershield® NR®-203Ni1 Ø2 мм,  $G_d = 12,046$  кг;

$k_{nd}$  – коэффициент, учитывающий расход сварочной проволоки (электрода) [25],  $k_{п.с.} = 1,03$ ;

$\psi_p$  – коэффициент потерь на разбрызгивание, зависящий от способа сварки,  $\psi_p = 1,01 \dots 1,15$ , принимаем  $\psi_p = 1,1$ ;

$C_{п.с.}$  – стоимость сварочной проволоки на 01.01.2020, руб/кг,  $C_{п.с1}$  – сварочной проволоки Lincoln NR 204H [37], руб/кг;  $C_{п.с2} = 550$ ,  $C_{п.с2}$  – сварочной проволоки Innershield NR®-203Ni1 [38], руб/кг;  $C_{п.с2} = 1316,3$ .

$$C_{п.с.} = 0,35 \cdot 1,03 \cdot 1,1 \cdot 550 + 12,046 \cdot 1,03 \cdot 1,1 \cdot 1316,3 = 17989,83 \text{ руб/изд.}$$

### 6.2.3 Определение затрат на заработную плату

Затраты на заработанную плату основных рабочих  $C_{зп}$  руб/изд определяем по формуле:

$$C_{з.п.сд} = TC \cdot \sum_{i=1}^m \frac{T_{шт}}{60} \cdot K_d \cdot K_{пр} \cdot K_{рай} \cdot \left( 1 + \frac{\alpha_1 + \alpha_2 + \alpha_3 + \alpha_4}{100} \right), \quad (6.6)$$

где TC – тарифная ставка на 01.01.2020, руб., TC – 87 руб.;

$K_d$  – коэффициент, учитывающий дополнительную заработную плату,  $K_d=1,15$ ;

$K_{пр}$  – коэффициент, учитывающий процент премии,  $K_{пр}=1,5$ ;

$K_{рай}$  – районный коэффициент,  $K_{рай}=1,3$ ;

$\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4$  – страховые взносы соответственно в пенсионный фонд РФ, в фонд социального страхования, в фонд обязательного медицинского страхования (ОМС), в фонд страхования от несчастного случая – 32,8.

Заработная плата основных производственных рабочих:

$$C_{з.п.сд} = 87 \cdot \frac{513,47}{60} \cdot 1,15 \cdot 1,5 \cdot 1,3 \cdot \left( 1 + \frac{32,8}{100} \right) = 2217,24 \frac{\text{руб}}{\text{изд}}.$$

### 6.2.4 Определение затрат на силовую электроэнергию

С учетом полевых условий работы, в данный расчет следует включить:

- расход дизельного топлива потребляемого генератором:

$$C_{топ} = t_{дг} \cdot M_{топ} \cdot C_{топ}, \text{ руб.}, \quad (6.7)$$

где  $t_{дг}=1,4$  ч – продолжительность работы дизельного генератора во время выполнения стыка, при нагрузке 70%;

$M_{топ}=34$  л/час – расход топлива за час работы при нагрузке 70%;

$C_{топ}=20$  руб/л – цена дизельного топлива;

$$C_{топ} = 8,56 \cdot 34 \cdot 20 = 13556 \text{ руб.},$$

- расход масла:

$$C_{\text{мас}} = t_{\text{дг}} \cdot M_{\text{мас}} \cdot \Pi_{\text{мас}}, \text{ руб}, \quad (6.8)$$

где  $M_{\text{мас}} = 0,07$  л – расход масла за час работы при нагрузке 70%;

$\Pi_{\text{мас}} = 70$  руб/л – цена масла.

$$C_{\text{мас}} = 8,56 \cdot 0,07 \cdot 70 = 41,93 \text{ руб},$$

Затраты на электроэнергию:  $C_{\text{э,с}} = 13556 + 41,93 = 14008,26$  руб.

#### 6.2.5 Определение затрат на амортизацию и ремонт оборудования

Затраты на амортизацию и ремонт оборудования  $C_a$ , руб/изд. определяем по формуле [25]:

$$C_a = \frac{\sum_{i=1}^n \Pi_0 \cdot O_i \cdot \mu_{oi} \cdot a_i \cdot r_i}{F_d}, \quad (6.9)$$

где  $a_i$  – норма амортизационных отчислений (на реновацию) для оборудования  $i$ -го типоразмера, % [25];

$r_i$  – коэффициент затрат на ремонт оборудования,  $r_i = 0,15 \dots 0,20$ .

Результаты расчетов сводим в таблицу 4.4.

Таблица 6.4 – Амортизация и ремонт оборудования

Наименование оборудования	$a_i$ , %	$C_z$ , руб/изд
K316L-1 LN-23P Lincoln Electric Idealarc DC400	14,3	183,33

#### 6.3 Расчет количества приведенных затрат

Себестоимость продукции за год определяется по формуле:

$$C = C_m + C_{\text{в.м.}} + C_{\text{зп.сд.}} + C_{\text{эс}} + C_a + C_u + C_{\text{зп.вс.р}} \cdot 12 + C_{\text{зп.АУП}}, \quad (6.10)$$

где  $C_m$  – затраты на основной материал, руб;

$C_{\text{вм}}$  – затраты на вспомогательные материалы, руб;

$C_{зп.сд}$  – затраты на заработную плату основных рабочих, руб;

$C_{э.с}$  – затраты на силовую электроэнергию, руб;

$C_a$  – затраты на амортизацию, руб.;

$C_{зп.вс.р}$  – затраты на заработную плату вспомогательных рабочих, руб;

$C_{зп.АУП}$  – затраты на заработную плату административно-управленческого персонала, руб.

Капитальные вложения находим по формуле:

$$K=K_o+K_{пр}. \quad (6.11)$$

Определим количество приведенных затрат по предлагаемому технологическому процессу:

$$K= 8543,89+2997,07=11543,96 \text{ руб/изд.},$$

$$C=1243932,96+17989,83+392,51+2217,24+14008,26+183,33= 1278328,68 \\ \text{руб/изд.},$$

$$З_{п}^2 = 1278328,68 + 0,15 \cdot 11543,96 = 1280060,27 \text{ руб/изд.}$$

#### 6.4 Основные технико-экономические показатели участка

Основные технико-экономические показатели участка представлены в таблице 6.5.

Таблица 6.5 – Основные технико-экономические показатели участка

№п/п	Параметр	Значение
1	2	3
1	Количество единиц оборудования, шт	2
2	Средний коэффициент загрузки оборудования, %	86,6
3	Общее количество работающих, чел	11
	подсобный рабочий, чел.	2
	электросварщик, чел.	2
	стропальщик, чел.	1

Продолжение таблицы 6.5

1	2	3
	машинист трубоукладчика, чел.	1
	наладчик сварочного оборудования, чел.	2
	электрик, чел.	1
	контролер качества продукции, чел.	1
	ИТР, чел	1
4	Средний тарифный разряд производственных рабочих	5
5	Расход сварочных материалов на изделие, кг	14,045
6	Себестоимость кладовые продукции деталей, руб./изд.	1278328,68
7	Капитальные изменений вложения деталей, руб./изд. · год	11543,96
8	Количество приведенных затрат, руб/изд.	1280060,27

Вывод. В ходе исследования финансового менеджмента, ресурсоэффективности и ресурсосбережения были определены цены на оборудование, приспособления, основные и вспомогательные материалы; рассчитаны капитальные вложения в сварочное оборудование, приспособления и помещение, так же затраты на основной металл, сварочную проволоку, защитный газ, сжатый воздух, зарплата рабочим, расходы на электроэнергию, амортизация и ремонт оборудования и приспособлений, затраты на содержание помещений; в ходе чего мы видим следующие цифры:

- капитальные вложения 1278328,68 руб;
- себестоимость продукции 11543,96 руб.

В результате проведенных расчетов было определено количество приведенных затрат 1280060,27 руб.

## 7 Социальная ответственность

### 7.1 Описание рабочего места

В данной выпускной квалификационной работе производится сварка и контроль качества неповоротных кольцевых стыковых соединений труб. По предлагаемому технологическому процессу производится механизированная сварка сплошной и порошковой проволокой. В качестве сварочного оборудования используется механизм подачи проволоки K316L-1 LN-23P [21], сварочный теристорный выпрямитель Lincoln Electric Idealarc DC400 [22]. В качестве контролирующих методов используются: визуально-измерительный; метод неразрушающего радиографического контроля с помощью рентгеновский аппарат Кроулер JME 24"; ультразвуковой контроль, применяется дефектоскоп A1212 MASTER; магнитопорошковый контроль, применяется намагничивающее устройство (НУ) – UM-15/Hansa-230; капиллярный контроль.

### 7.2. Законодательные и нормативные документы

Формализация всех производственных процессов и их подробное описание в регламентах, разнообразных правилах и инструкциях по охране труда позволяет создать максимально безопасные условия работы для всех сотрудников организации. Проведение инструктажей и постоянный тщательный контроль за соблюдением требований охраны труда – это гарантия значительного уменьшения вероятности возникновения аварийных ситуаций, заболеваний, связанных с профдеятельностью человека, травм на производстве.

Именно инструкции считаются основным нормативным актом, определяющим и описывающим требования безопасности при выполнении

должностных обязанностей служащими и рабочими. Такие документы разрабатываются на базе:

- положений «Стандартов безопасности труда»;
- законов о труде РФ;
- технологической документации;
- норм и правил отраслевой производственной санитарии и безопасности труда;
- типовых инструкций по ОТ;
- пунктов ЕСТД («Единая система техдокументации»);
- рекомендаций по эксплуатации и паспортов различных видов агрегатов и оборудования, используемого в организации (при этом следует принимать во внимание статистические данные по производственному травматизму и конкретные условия работы на предприятии).

Основы законодательства Российской Федерации об охране труда обеспечивают единый порядок регулирования отношений в области охраны труда между работодателями и работниками на предприятиях, в учреждениях и организациях всех форм собственности независимо от сферы хозяйственной деятельности и ведомственной подчиненности. Основы законодательства устанавливают гарантии осуществления права на охрану труда и направлены на создание условий труда, отвечающих требованиям сохранения жизни и здоровья работников в процессе трудовой деятельности и в связи с ней.

Среди законодательных актов по охране труда основное значение имеет Конституция РФ, Трудовой Кодекс РФ, устанавливающий основные правовые гарантии в части обеспечения охраны труда, а также Федеральный закон от 21.12.1994 № 69-ФЗ «О пожарной безопасности», Федеральный закон от 24.07.1998 № 125-ФЗ «Об обязательном социальном страховании от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний». Из подзаконных актов отметим постановления Правительства РФ: «О государственной экспертизе условий труда» от 25.04.2003 № 244, «О



государственном надзоре и контроле за соблюдением законодательства РФ о труде и охране труда» от 09.09.1999 № 1035 (ред. от 28.07.2005).

К нормативным документам относятся:

1 ГОСТ 12.1.005-88. ССБТ. Воздух рабочей зоны. Общие санитарно-гигиенические требования. М.: Изд. стандартов, 1989.

2 ГОСТ 12.1.030-81. ССБТ. Электробезопасность. Защитное заземление, зануление. М.: Изд. стандартов, 1982.

3 ГОСТ 12.1.012-90. ССБТ. Вибрационная безопасность. Общие требования. М.: Изд. стандартов, 1990.

4 ГОСТ 12.1.046-78. ССБТ. Методы и средства вибрационной защиты. Классификация. М.: Изд. стандартов, 1990.

5 ГОСТ 12.1.003-83. Шум. Общие требования безопасности. М.: Изд. стандартов, 1984.

6 Правила устройства электроустановок. М.: Энергоатомиздат, 1998.

7 Правила техники безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей. М.: Энергоатомиздат, 1994.

8 Санитарные нормы СН 2.2.4/2.1.8.562-96. Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки.

9 Санитарные нормы СН 2.2.4/2.1.8.566-96. Производственная вибрация, вибрация в помещениях жилых и общественных зданий. М.: Информ.-издат. центр Минздрава России, 1997.

10 Санитарные правила и нормы СанПиН 2.2.4.548096. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений. 1996.

### 7.3 Анализ выявленных вредных факторов проектируемой производственной среды

Производственные условия характеризуются, как правило, наличием опасных и вредных факторов. Произведем анализ факторов применимо к данному проекту.

#### 1. Запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны.

При дуговой сварке вне помещения, т.е. в нестационарных условиях и последующем рентгенографическом контроле могут быть выявлены следующие опасные и вредные факторы [39]:

- запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны;
- ультрафиолетовое и инфракрасное излучение;
- психофизиологические нагрузки на рабочего;
- пожароопасность;
- опасность поражения электрическим током.

При изготовлении трубопроводов с применением дуговой сварки производится выделение в окружающую среду пыли (до  $180 \text{ мг/м}^3$ ) с содержанием марганца до 13,7%, а также  $\text{CO}_2$  до 0,5-0,6%,  $\text{CO}$  – до  $160 \text{ мг/м}^3$ , окислов азота до  $8 \text{ мг/м}^3$ , озона – до  $0,35 \text{ мг/м}^3$ . содержание аэрозолей и пыли в воздухе рабочей зоны не превышает предельно-допустимой концентрации, так как работы производятся на открытом воздухе и не требуют применения вентиляции. Озон и окислы азота, образующиеся в результате радиолиза воздуха вне помещения опасности, не представляют, так как рассеиваются в большом объеме окружающего воздуха.

#### 2. Производственный шум.

Источниками шума при производстве сварных конструкций являются:

- механизм подачи проволоки K316L-1 LN-23P;
- сварочный теристорный выпрямитель Lincoln Electric Idealarc DC400;
- сварочная дуга;

- слесарный инструмент: молоток ( $m = 2$  кг) ГОСТ 2310-77, шабер, углошлифовальная машина Вихрь УШМ-125/800 ГОСТ 12.2.013.3-2002, молоток рубильный МР – 22.

Шумом принято называть любой нежелательный звук, воспринимаемый органом слуха человека, и представляет собой беспорядочное сочетание звуков различной интенсивности и частоты. Характеристикой шума является уровень звукового давления. Источниками шума на участке служит источник тока и треск при проведении сварочных работ [40].

Нормируемые параметры шума на рабочих местах определены санитарными нормами СН 2.2.4/2.1.8.562-96 «Шум на рабочих местах, в помещения жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки». Допустимый уровень звукового давления (дБ) и уровень звука (дБА) должны быть следующими: уровень звукового давления 99-85 дБ при среднегеометрической частоте октавных полос 63-8000 Гц, уровень звука – 85 дБА. На проектируемом участке уровень шума ниже предельно-допустимого и защиты от шума не требуется.

Мероприятия по борьбе с шумом.

Для защиты органов слуха от шума рекомендуется использовать противошумовые наушники.

### 3. Статическая нагрузка на руку.

При сварке в основном имеет место статическая нагрузка на руки, в результате чего могут возникнуть заболевания нервно-мышечного аппарата плечевого пояса. Сварочные работы относятся к категории физических работ средней тяжести с энергозатратами  $172 \div 293$  Дж/с ( $150 \div 250$  ккал/ч) [41].

Нагрузку создает необходимость держать в течение длительного времени в руках горелку сварочную (весом от 3 до 6 кг) при проведении сварочных работ, необходимость придержать детали при установке и прихватке и т. п. Предлагается использовать сборочно-сварочное приспособление.

4. Ультрафиолетовое, видимое и инфракрасное излучение сварочной дуги, а также инфракрасное излучение сварочной ванны и свариваемого металла.

В производственной обстановке рабочие, находясь вблизи расплавленного или нагретого металла, горячих поверхностей подвергаются воздействию теплоты, излучаемой этими источниками. Горение сварочной дуги сопровождается излучением видимых ослепительно ярких световых лучей и невидимых ультрафиолетовых и инфракрасных лучей. Видимые лучи ослепляют, так как яркость их превышает физиологическую переносимую дозу. Короткие ультрафиолетовые лучи даже при кратковременном воздействии могут вызвать электроофтальмию. Инфракрасные лучи главным образом обладают тепловым эффектом, их интенсивность зависит от мощности дуги.

#### 5. Вибрация.

Вибрация представляет собой механическое колебательное движение, простейшим видом которого является гармоническое (синусоидальное) колебание.

По способу передачи принято различать вибрацию локальную, передаваемую через руки (при работе с ручными машинами, органами управления), и общую передаваемую через опорные поверхности или стоящего человека.

#### Местная вибрация.

По источнику возникновения локальные вибрации подразделяются на передающиеся от:

- ручных машин с двигателями (или ручного механизированного инструмента), органов ручного управления машинами и оборудованием;
- ручных инструментов без двигателей (например, рихтовочные молотки разных моделей) и обрабатываемых деталей.

Вибрацию создают углошлифовальные машинки.

### 7.3.1 Обеспечение требуемого освещения на участке

Освещение, обеспечивающее нормальные зрительные условия работы, является важным фактором в организации производственного процесса.

Требуемый уровень освещения определяется степенью точности сборочных работ.

При сварке неповоротного кольцевого сварного стыка применимо только световое время суток. В разные времена года оно различно. Так в летний период времени рабочий день составляет 12 часов, а в зимний – не более 8 часов, поэтому практический расчет освещения производится не будет.

### 7.4 Анализ выявленных опасных факторов проектируемой произведённой среды

Ультрафиолетовое и инфракрасное излучение от нагретого металла, сварочной ванны и сварочной дуги, так называемое лучистое тепло, может быть опасным для работающего. Нагретые твердые тела становятся источниками теплоты и путем конвекции нагревают воздух вокруг себя. Под действием ультрафиолетового и инфракрасного излучения, в организме человека происходят биохимические сдвиги и нарушение работы сердечно-сосудистой и нервной систем.

Рентгеновские аппараты Кроулер JME 24" могут представлять опасность как источники рентгеновского излучения. При проведении рентгенографического контроля персонал может подвергаться воздействию прямого и рассеянного излучения.

#### 2. Защита от сварочных и рентгеновских излучений.

Для защиты глаз и лица сварщиков используются специальные щитки и маски. Для защиты глаз от ослепляющей видимой части спектра излучения,

ультрафиолетовых и инфракрасных лучей в очках и масках должны применяться защитные светофильтры. Марка светофильтра выбирается в зависимости от силы сварочного тока. В нашем случае применим стекла серии ЭЗ (200-400 А).

Маска из фибры защищает лицо, шею от брызг расплавленного металла и вредных излучений сварочной дуги.

Спецодежда по ГОСТ 12.4.250-2013 – костюм и брюки, а также рукавицы, изготавливаются из брезента и служат для защиты тела и рук от брызг сварки, и теплового излучения.

Для защиты ног сварщиков используют специальные ботинки, исключающие попадание искр и капель расплавленного металла. Перечень средств индивидуальной защиты, имеющиеся на проектируемом участке приведен в таблице 7.1.

Для защиты рук от брызг и лучистой энергии применяют брезентовые рукавицы.

Во избежание затекания раскаленных брызг костюмы должны иметь гладкий покррой, а брюки необходимо носить навыпуск [42].

Таблица 7.1 – Средства индивидуальной защиты, имеющиеся на проектируемом участке

Наименование средств индивидуальной защиты	Документ, регламентирующий требования к средствам индивидуальной защиты
Костюм брезентовый для сварщика	ТУ 17-08-327-91
Ботинки кожаные	ГОСТ 27507-90
Рукавицы брезентовые (краги)	ГОСТ 12.4.010-75
Перчатки диэлектрические	ТУ 38-106359-79
Циток защитный для э/сварщика НН-ПС 70241	ГОСТ 12.4.035-78
Куртка х/б на утепляющей прокладке	ГОСТ 29.335-92

Другим опасным фактором является ионизирующее излучение. При эксплуатации рентгеновских аппаратов следует руководствоваться «Основными санитарными правилами обеспечения радиационной безопасности» (ОСПОРБ-99), «Нормами радиационной безопасности» (НРБ-99), «Санитарными правилами и нормативами» (СанПиН 2.6.1.1015-01), а также инструкциями по эксплуатации аппаратов.

В соответствии с НРБ-99 установлены следующие категории облучаемых лиц:

- персонал, то есть работающие с источниками радиоактивного облучения (группа А) или находящиеся по условиям работы в сфере их воздействия (группа Б);
- население.

Для этих категорий установлены следующие дозовые пределы, превышение которых рассматривается как повышенное или аварийное облучение (таблица 7.2).

Таблица 7.2 – Пределы облучения

Категория	Дозовый предел эффективной дозы, мЗв/год	Проектная мощность дозы, мР/смену
Группа А	20, но не более 50	8
Группа Б	5, но не более 12,5	2
население	1, но не более 5	0,03 мР/ч

Снижение уровня дозовой нагрузки до указанных предельных значений осуществляют следующим образом:

- применение барьерной защиты из поглощающих материалов;
- защита расстоянием, т.е. удалением от аппарата на безопасное расстояние;
- защита временем, т.е. ограничением времени работы аппарата.

Практически возможна комбинированная защита всеми тремя способами или их попарными сочетаниями. Применяемые методы защиты

определяются условиями, в которых проводится рентгенографический контроль.

При просвечивании в полевых условиях защита осуществляется расстоянием, а при необходимости и ограничением времени наработки в смену. При этом персонал должен находиться в наиболее безопасной зоне вне прямого пучка. Для импульсных рентгеновских аппаратов такой зоной является конус с углом при вершине  $150^0$ , ось которого совпадает с продольной осью аппарата, направление противоположно пучку излучения, а вершина находится в фокусе рентгеновской трубки. Безопасное расстояние в этой зоне составляет 20 м для персонала группы А и 100 м для персонала группы Б. Мощность экспозиционной дозы при этом для первых не превышает 1,5 мкР/с, а для вторых – 0,15 мкР/с. В этом случае время работы ограничено только тепловыми режимами аппарата и составляет 50% общего рабочего времени. Если необходимое для контроля время еще меньше, то и безопасная зона может быть уменьшена. При необходимости нахождения оператора на меньшем расстоянии, чем указано выше и 50% сменной наработке, следует использовать дополнительные ширмы и экраны. Граница радиационно-опасной зоны должна обозначаться знаками радиационной безопасности и предупреждающими плакатами с расстоянием видимости не менее 3 м.

Рабочий пучок излучения следует ограничивать тубусами, коллиматорами и т.д. За изделием рекомендуется ставить свинцовый экран.

Во время работы аппаратуры оператор не должен оставлять без присмотра пульт управления.

До начала работ должны быть разработаны, согласованы и утверждены инструкции по радиационной безопасности, определены перечни лиц, которые будут работать в сфере действия рентгеновского излучения, обеспечены их обучение и инструктаж, назначены приказами лица, отвечающие за радиационную безопасность, контроль, учет и хранение аппаратов. Должна проводиться периодическая проверка знаний по технике безопасности, а также контроль за соблюдением правил и норм радиационной безопасности и за



дозами облучения персонала.

### 3. Электрический ток.

На данном участке используется различное сварочное оборудование. Его работа осуществляется при подключении к сети переменного тока с напряжением 380 В.

Общие требования безопасности к производственному оборудованию предусмотрены ГОСТ 12.2.003-81. В них определены требования к основным элементам конструкций, органам управления и средствам защиты, входящим в конструкцию производственного оборудования любого вида и назначения.

### 4. Электробезопасность.

Для защиты от поражения электрическим током в полевых условиях применяют защитное заземление. Защитное заземление – это преднамеренное электрическое соединение с землей или ее эквивалентом металлических нетоковедущих частей электрического и технологического оборудования, которое может оказаться под напряжением. Защитное заземление обеспечивает снижение напряжение между оборудованием и землей до безопасной величины.

В полевых условиях для заземления применяют естественные заземлители: металлические конструкции зданий и сооружений, имеющие соединение с землей, обсадные трубы, металлические шпунты гидротехнических сооружений и т.д. Естественные заземлители необходимо связывать с заземляющей сетью не менее, чем двумя проводниками, присоединенных к заземлителям в разных местах.

Сопротивление заземляющего устройства для установок мощностью до 100 кВт должна быть  $R_z$  менее 4 Ом.

Применяем для заземления вертикально забитые трубы длиной 2 м и диаметром 50 мм.

Сопротивление одиночного заземления вертикально устанавливаемого в землю определяется по формуле [43]:

$$R_{TP} = \frac{\rho}{2 \cdot \pi \cdot l_T} \cdot \ln \frac{2 \cdot l_T}{d}, \quad (7.1)$$

где  $\rho$  – удельное сопротивление грунта, Ом см;  $\rho = 1 \cdot 10^5$  Ом см;

$l_T$  – длина трубы, мм;  $l_T = 2000$  мм;

$d$  – наружный диаметр трубы, см;  $d = 5$  см.

$$R_{TP} = \frac{1 \cdot 10^5}{2 \cdot 3,14 \cdot 200} \cdot \ln \frac{2 \cdot 200}{5} = 13 \text{ Ом.}$$

Определяем потребное число заземлителей по формуле:

$$n = \frac{R_{TR}}{R_3 \cdot \eta_3}, \quad (7.2)$$

где  $R_3$  – требуемое сопротивление осуществляемого заземления, Ом,  $R_3 = 5$  Ом;

$\eta_3$  – коэффициент экранирования,  $\eta_3 = 0,8$ .

$$n = \frac{13}{5 \cdot 0,8} = 3,7 \text{ шт.}$$

Принимаем  $n = 4$  шт.

Сопротивление металлической полосы, применяемой для соединения трубчатых заземлителей определяется по формуле:

$$R_n = \frac{\rho}{2 \cdot h \cdot l} \cdot \ln \frac{2 \cdot l_{II}^2}{b/n}, \quad (7.3)$$

где  $\rho$  – удельное сопротивление грунта, Ом см;

$l_{II}$  – длина полосы, см;

$b$  – ширина полосы, см;

$h$  – глубина заложения полосы, см.

Длину полосы находим по формуле [31]:

$$l_{II} = 1,05 \cdot a \cdot (n-1), \quad (7.4)$$

где  $a$  – расстояние между заземлениями, см;

$$\begin{aligned} a &= 2 \cdot l_{TP} = 2 \cdot 2 = 4 \text{ см.} \\ l_{II} &= 1,05 \cdot 4 \cdot (4-1) = 13 \text{ м.} \end{aligned} \quad (7.5)$$

$$R_{II} = \frac{1 \cdot 10^4}{2 \cdot 3,14 \cdot 4200} \cdot \ln \frac{2 \cdot 1300}{80/4} = 18,4 \text{ Ом.}$$

Результирующее сопротивление всей системы, с учетом соединительной полосы и коэффициентов использования определяется по формуле:

$$R_C = \frac{R_{TP} \cdot R_{II}}{R_{TP} \cdot h_{II} + R_{II} \cdot \eta_3 \cdot n}, \quad (7.6)$$

где  $R_{тр}$  – сопротивление заземления одной трубы, Ом;

$n$  – число труб заземлений, шт;

$\eta_{\Theta}$  – коэффициент использования труб контура,  $\eta_{\Theta} = 0,8$ ;

$h_{п}$  – коэффициент использования соединительной полосы,  $h_{п} = 0,7$ .

$$R_c = \frac{13 \cdot 18,4}{13 \cdot 0,7 + 18,4 \cdot 0,8 \cdot 4} = 3,5 \text{ Ом.}$$

В результате проведённых расчётов получаем, что система заземления состоит из четырёх труб, вертикально вбитых в землю диаметром 50 мм и длиной 2 метра. Сопротивление одиночного заземлителя равно 13 Ом. Соединены между собой отдельно вбитые элементы заземления металлической полосой.

#### 7.4.1 Разработка методов защиты от вредных и опасных факторов

Для защиты тела применяются огнестойкая спецодежда (костюмы брезентовые или хлопчатобумажные с огнестойкой пропиткой).

Защита от движущихся механизмов.

Для защиты работающих от движущихся механизмов предусмотрено следующее:

- проходы: между оборудованием, движущимися механизмами и перемещаемыми деталями, а также между постами – не менее 1 м; между автоматическими сварочными постами – не менее 2 м;
- свободная площадь на один сварочный пост – не менее 3 м<sup>2</sup>;
- при эксплуатации подъёмно-транспортных устройств ограждение всех движущихся и вращающихся частей механизмов;
- контроль за правильностью строповки;
- контроль за своевременностью аттестации оснастки, грузоподъемных средств и стропов.

## 7.5 Охрана окружающей среды

В процессе сварки выделяются вредные и токсичные вещества, а также их оксиды и соединения. Так как сварка магистральных трубопроводов производится в полевых условиях, то о целесообразности охраны окружающей среды вопрос не стоит. Но при применении кабины в механизированной сварке есть возможность установки фильтра очистки во избежание вредных выбросов в атмосферу.

При сварке вблизи леса необходимо наличие рядом со сварщиком не менее 2 огнетушителей и ящика с песком чтобы не допустить возгорание лесного массива.

## 7.6 Защита в чрезвычайных ситуациях

Чрезвычайная ситуация (ЧС) – состояние, при котором в результате возникновения источника ЧС на объекте, определённой территории или акватории нарушаются нормальные условия жизни и деятельности людей, возникает угроза их жизни и здоровью, наносится ущерб имуществу населения, народному хозяйству и окружающей природной среде.

В настоящее время существует два основных направления ликвидации вероятности возникновения и последствий ЧС на промышленных объектах.

Первое направление заключается в разработке технических и организационных мероприятий, уменьшающих вероятность реализации опасного поражающего потенциала современных технических систем. Второе направление заключается в подготовке объекта, обслуживающего персонала, служб ГО и населения к действиям в условиях ЧС.

ЧС военного времени. Особенности опасностей (чрезвычайных ситуаций) военного времени:

- они планируются, подготавливаются и реализуются человеком, его разумом и поэтому имеют более сложный и изощрённый характер, чем природные и техногенные опасности;
- в реализации опасностей военного времени меньше стихийного и случайного; оружие применяется, как правило, в самый неподходящий момент для жертвы агрессии и в самом уязвимом для неё месте;
- развитие средств поражения всегда опережает развитие адекватных средств защиты;
- для создания средств поражения всегда используются последние научные достижения, привлекаются лучшие научные силы, лучшая научно-производственная база; всё это ведёт к тому, что от некоторых средств нападения практически невозможно найти средств и методов защиты (например, ракетно-ядерное оружие);
- современные и будущие войны всё чаще носят террористический, антинациональный характер; мирное население воюющих стран превращается в один из объектов вооружённого воздействия с целью подрыва воли и способности противника оказывать сопротивление.

Основные принципы защиты населения при ЧС мирного и военного времени:

- обучение всех групп населения правилам поведения и основным способам защиты от ЧС, приёмам оказания первой медицинской помощи пострадавшим, правилам пользования средствами коллективной и индивидуальной защиты;
- обучение руководителей всех уровней управления действиям по защите населения от ЧС;
- выработка у руководителей и специалистов в области защиты от ЧС навыков по подготовке и управлению силами и средствами, входящими в единую государственную систему предупреждения и ликвидации ЧС;
- практическое усвоение работниками в составе сил РСЧС своих обязанностей при действиях в ЧС.

Защита населения в ЧС представляет собой комплекс мероприятий, проводимых с целью не допустить поражения людей или максимально снизить степень воздействия поражающих факторов.

Обязательным является комплексность проведения защитных мероприятий, использования одновременно различных способов защиты. Это связано со значительным разнообразием опасных и вредных факторов и повышает эффективность имеющихся в настоящее время способов защиты.

К основным способам защиты населения в ЧС относятся:

- укрытие населения в защитных сооружениях (средства коллективной защиты);
- использование средств индивидуальной защиты и медицинской защиты;
- рассредоточение и эвакуация населения из опасных зон.

Рабочие места обеспечиваются следующими средствами тушения пожара:

- огнетушитель химический пенный ручной ОХП-10, предназначенный для тушения пожара твердых горючих материалов, легковоспламеняющихся и горючих жидкостей;
- огнетушитель углекислотный ОУ-5 для тушения небольших поверхностей горючих жидкостей, электрооборудования и установок, находящихся под напряжением.

## 7.7 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

Для обеспечения условий, способствующих максимальной производительности труда, необходимо физиологическое обоснование требований к устройству оборудования, рабочего места, длительности периодов труда и отдыха и ряда других факторов, влияющих на работоспособность

При организации труда необходимо учитывать психологические особенности отдельных рабочих. Разрабатывать и внедрять мероприятия по созданию благоприятного психологического микроклимата в коллективе, высокой заинтересованности в труде и его результатах, так как при работе на участке рабочие испытывают нервно-психологические перегрузки, умственное перенапряжение, эмоциональные перегрузки, перенапряжение анализаторов, монотонность труда и т.д.

Основным средством повышения производительности труда и снижения утомления является ритм труда и рациональный режим труда и отдыха. Ритмичный труд позволяет рационально расходовать, нервную и мышечную энергию, поддерживать работоспособность. При правильном чередовании труда и отдыха работоспособность также повышается.

Важнейшим психофизиологическим средством повышения производительности является создание благоприятных отношений в коллективе, в чем велика роль руководителя. Устранение отрицательных эмоций предупреждает не только развитие утомления, но и появление нервных и сердечно-сосудистых заболеваний.

С целью ограничения вредного влияния психофизиологических факторов производственной опасности можно рекомендовать проведение следующих мероприятий:

- установление рационального режима труда и отдыха;
- организация отдыха в процессе работы;
- соблюдение предельно допустимых норм деятельности;
- установление переменной нагрузки в соответствии с динамикой работоспособности;
- чередование различных рабочих операций или форм деятельности в течение рабочего дня;
- рациональное распределение функций между человеком и техническими устройствами;
- соответствие психофизиологических качеств человека характеру и

сложности выполняемых работ; это соответствие достигается путем профессионального отбора, обучения и тренировок технологов-сварщиков.



## Заключение

В представляемой выпускной квалификационной работе разработана технология сборки-сварки и рассмотрен контроль качества изготовления неповоротных кольцевых стыковых соединений труб диаметром 1420 мм.

В ВКР представлен рациональный выбор способа сварки, произведен выбор режимов сварки. В работе предложено использовать для сварки корневого шва сплошную проволоку с использованием защитного газа, а для выполнение заполняющих и облицовочного швов применять сварку порошковой самозащитной проволокой. Представлены методы контроля качества кольцевых сварных соединений шестью методами.

Разработаны мероприятия по технике безопасности и охрана труда при выполнении сборочно-сварочных и слесарных операций.

Приведен технико-экономический анализ разработанного технологического процесса изготовления неповоротных кольцевых стыковых соединений труб.

В качестве оборудования используется механизм подачи проволоки K316L-1 LN-23P с тиристорным выпрямителем Lincoln Electric Idealarc DC400.

Количество приведенных затрат составило 1280060,27 руб/изд.

## Список использованных источников

1. Учебное пособие для обучения по рабочей профессии: «Трубопроводчик линейный 2-5 разрядов» АК «ТРАНСНЕФТЬ» 2008 г.
2. Л.М. Лобанов, Н.М. Махлин, В.К.Смоляков, В.Е.Водолазский, В.Е. Попов, А.А. Свириденко / Оборудование для подготовки торцов труб применительно к сварке неповоротных стыков трубопроводов // Автоматическая сварка – 2015 – №9 – С. 38-47.
3. С.И. Кучук-Яценко, Б.И. Казымов, В.Ф. Загадарчук, А.В. Дидковский / Разработка технологии комбинированного соединения неповоротных стыков толстостенных труб из высокопрочных сталей // Автоматическая сварка – 2015 – №10 – С. 3-10.
4. О.И. Олейник, С.Ю. Максимов, А.П. Пальцевич, Е.И. Гончаренко / Разработка технологии механизированной дуговой сварки при ремонте магистрального газопровода под давлением // Автоматическая сварка – 2016 – №2 – С. 49-56.
5. СТО Газпром 2–2.2–136–2007. Инструкция по технологиям сварки при строительстве и ремонте промысловых и магистральных газопроводов.
6. ПБ 03-273-03 Правила аттестации сварщиков и специалистов сварочного производства (утверждены постановлением Госгортехнадзора России от 30.10.02 г. № 63).
7. Альтшуллер Г.С. Творчество как точная наука. – М.: Сов.радио, 1979. – 184 с.
8. Джонс Дж.К. Методы проектирования. – М.: Мир, 1986. – 326 с.
9. Диксон Дж. Проектирование систем: изобретательство, анализ и принятие решений. – М.: Мир, 1969. – 440 с.
10. 10Г2ФБЮ – Сталь конструкционная низколегированная для сварных конструкций [Электронный ресурс] – режим доступа к ст.: <https://mashinform.ru/marochnik/stal-konstrukcionnaia/10g2fbyu-obj250.html>

11. Трубы большого диаметра.pdf
12. Васильев В.И., Ильященко Д.П. Разработка этапов технологии при дуговой сварки плавлением – Издательство ТПУ, 2008г. - 96 с.
13. Томас К.И., Ильященко Д.П. Технология сварочного производства. Томск. «Томский политехнический университет» -2011. – 247 с.
14. Китаев А. М. Китаев Я. А. Справочная книга сварщика. М: Машиностроение, 1985. - 256 с.
15. Проволока сварочная Lincoln NR 204H ф1. 7 в Москве [Электронный ресурс] – режим доступа к ст.: <https://abino.ru/moskva/oborudovanie/provoloka-svarochnaya-537252683>
16. Порошковая проволока Innershield одна из крупнейших разработок компании Lincoln Electric в области высоко производительной полуавтоматической сварки [Электронный ресурс] – режим доступа к ст.: [http://www.lincolnweld.ru/products/Katalog/Svarochnye\\_materialy/Provoloki\\_poroshkovye\\_gazozaschitnye\\_i\\_samozaschit/Samozaschitnye\\_poroshkovye\\_provoloki/Samozaschitnaya\\_provoloka\\_innershield\\_kak\\_eto\\_rabo/](http://www.lincolnweld.ru/products/Katalog/Svarochnye_materialy/Provoloki_poroshkovye_gazozaschitnye_i_samozaschit/Samozaschitnye_poroshkovye_provoloki/Samozaschitnaya_provoloka_innershield_kak_eto_rabo/)
17. Innershield® NR®-203Ni1 [Электронный ресурс] – режим доступа к ст.: <http://www.lincolnweld.ru/files/uploads/files/innershield%20nr%20203%20ni1.pdf>
18. ППЧ-20-10 (установка предварительного подогрева стыков) [Электронный ресурс] – режим доступа к ст.: [https://katran.pro/catalog/product/ppch\\_20\\_10\\_ustanovka\\_predvaritelnogo\\_podogreva\\_stykov/](https://katran.pro/catalog/product/ppch_20_10_ustanovka_predvaritelnogo_podogreva_stykov/)
19. Горелка газозавдушная ГВ «Кольцо» 1020-1420 [Электронный ресурс] – режим доступа к ст.: [https://promjet.ru/good/gorelki\\_kolco/kolco\\_1020-1420/](https://promjet.ru/good/gorelki_kolco/kolco_1020-1420/)
20. Термозащитный пояс ТЗП -1420 (защита изоляции) [Электронный ресурс] – режим доступа к ст.: <https://www.svarbi.ru/cat/prisposobleniya-dlya-svarki/33027/>

21. K316L-1 LN-23P Механизм подачи проволоки [Электронный ресурс] – режим доступа к ст.: <http://svarportal.ru/shop/product/k316l-1-mekhanizm-podachi-provoloki-ln-23p>
22. IDEALARC® DC400 [Электронный ресурс] – режим доступа к ст.: [https://www.lincolnelectric.com/ru-ru/Equipment/Pages/product.aspx?product=K1309-17\(LincolnElectric\)](https://www.lincolnelectric.com/ru-ru/Equipment/Pages/product.aspx?product=K1309-17(LincolnElectric))
23. Правила аттестации персонала в области неразрушающего контроля (утверждены постановлением Госгортехнадзора России от 23.01.02 г. № 3).
24. Инструкция по неразрушающим методам контроля качества сварных соединений при строительстве и ремонте промышленных и магистральных газопроводов СТО Газпром 2-2.4 - 083 – 2006.
25. Организация и планирование производства. Основы менеджмента: метод. указ. к выполн. курс. работы. для студентов спец. 120500«Оборудование и технология сварочного производства».-Томск: Изд. ЮФТПУ, 2000-24 с.
26. Ахумов В.А. Справочник нормировщика. М.: Машиностроение, 1986. 240 с.
27. Крампит Н.Ю., Крампит А.Г. Устройства для перемещения сварочных аппаратов и их расчет. Учебное пособие для ст. спец. 120500, ИПЛ ЮТИ ТПУ-2004.
28. Крампит Н.Ю., Копытов О.В., Друзик О.А. Устройства для перемещения сварочных аппаратов. Сварочные колонны и тележки. «Оборудование и технология сварочного производства», 2012 г.
29. Крампит Н.Ю. Сварочные приспособления. Учебное пособие для ст. спец. 120500, ИПЛ ЮТИ ТПУ-2004.
30. Крампит Н. Ю. Сварочные приспособления. Эл. учебное пособие для ст. спец. «Оборудование и технология сварочного производства» ДО, 2008 г.
31. Ковалев Г.Д., Крампит Н.Ю., Крампит А.Г. Механическое сварочное оборудование. Учебное пособие для ст. спец.120500, Изд-во ТПУ, г.

Томск- 2012г.

32. Крампит Н.Ю., Крампит А.Г., Крампит М.А. Устройства для поворота изделия. Вращатели и манипуляторы. Эл. учебное пособие для ст. спец. «Оборудование и технология сварочного производства», 2012.

33. Крампит Н.Ю., Крампит М.А., Лукашов А.С. Устройства для перемещения изделия. Транспортёры. Эл. учебное пособие для ст. спец. «Оборудование и технология сварочного производства», 2012 г.

34. Центратор внутренний гидравлический ЦВ-147 [Электронный ресурс] – режим доступа к ст.: <http://центратордлятруб.рф/tsentratory-vnutrennie-gidravlicheskie-tsv/tsentrator-vnutrennij-gidravlicheskiy-tsv-147>

35. СН 452-73. Нормы отвода земель для магистральных трубопроводов.

36. О.Н. Жданова. Организация производства и менеджмент: методические указания к выполнению курсовой работы для студентов специальности 120500 «Оборудование и технология сварочного производства» -Юрга; ИПЛ ЮТИ ТПУ, 2005. – 32 с.

37. Lincoln Electric Idealarc DC-400 в Томске [Электронный ресурс] – режим доступа к ст.: <https://tomsk.mega-apparat.ru/products/lincoln-electric-idealarc-dc-400.html>

38. Порошковая проволока Innershield NR-203Ni1 (1%) d 2 мм [Электронный ресурс] – режим доступа к ст.: [https://www.oorps-nn.ru/goods/70213601-poroshkovaya\\_provoloka\\_innershield\\_nr\\_203ni1\\_1\\_d\\_2\\_mm](https://www.oorps-nn.ru/goods/70213601-poroshkovaya_provoloka_innershield_nr_203ni1_1_d_2_mm)

39. ГОСТ 12.0.0030-74 «ССБТ. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация (с изменениями по И-Л-Х1-91)».

40. Куликов О.Н. Охрана труда при производстве сварочных работ.: Академия, 2006 – 176 с.

41. П.П. Кукин, В.Л. Лапин. Е.А. Подгорных и др. Безопасность жизнедеятельности. Безопасность технологических процессов и производств (Охрана труда). Учеб. пособие для вузов / М.: Высшая школа, 2004. – 298 с.

42. Брауде М.З. "Охрана труда при сварке в машиностроении"/ М.: Машиностроение, 1978. – 141 с.

43. Гришагин В.М., Фарберов В.Я. Сборник задач по безопасности жизнедеятельности. Учебно-методическое пособие. – Юрга: Изд. филиала ТПУ, 2002. – 96 с.

ОПЕРАЦИОННАЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ КАРТА									
сборки и сварки порошковой проволокой неповоротных кольцевых стыковых соединений труб Ø1420x21,7 мм класса прочности К60 (для производства работ)									
Организация			Наименование газопровода			Способ сварки		Конструктивные элементы сварных соединений	Шифр карты
						МП+МПС		Труба+труба	ТК-СС-РД-02
Характеристика труб и элементов						Предварительный подогрев		Параметры разделки кромок и сварного шва	Сварочные материалы
Номер ТУ, ГОСТа, марка стали	Диаметр, мм	Толщина стенки, мм	Класс прочности	Нормативное значение временного сопротивления разрыву, МПа	Нормативный эквивалент углерода, (Сэкв) %		Произвести равномерный предварительный подогрев до температуры + 100 <sup>+30</sup> °С независимо от температуры окружающего воздуха.		
					С <sub>ПВ</sub>	С <sub>Рсм</sub>			
Труба: 10Г2ФБЮ ТУ 14-156-77-2008	1420	21,7	К60	590	≤0,43	≤0,23			
Труба: 10Г2ФБЮ ТУ 14-156-77-2008	1420	21,7	К60	590	≤0,43	≤0,23	Ширина зоны равномерного нагрева не менее <b>150 мм</b> (не менее <b>75 мм</b> в каждую сторону от свариваемых кромок)	<b>Минимальное количество слоёв – 7</b> (без учета подварочного слоя). * - параметры подварочного слоя	1). Сварочная проволока Lincoln NR-204H диаметр 1,7 мм (корневой слой шва). 2). Сварочная проволока Innershield NR-203Ni1 диаметр 2 мм (заполняющие и облицовочный слой шва).

Минимальное количество слоёв – 7 (без учета подварочного слоя).  
 \* - параметры подварочного слоя

Режимы механизированной сварки корневого слоя шва							Дополнительные требования и рекомендации
Направление сварки	Скорость подачи проволоки*, м/мин	Род тока, полярность	Пиковый ток, А	Базовый ток, А	Вылет электрода, мм	Расход газа, л/мин	1. Допустимые отклонения толщины стенки 21,7±2,7 м по ТУ 14-156-77-2008. 2. Направление сварки для корневого, заполняющих и облицовочного слоев шва – «на спуск»; подварочного слоя шва – «на подъем». 3. Сварка каждого слоя шва выполняется одновременно не менее чем 2 сварщиками. 4. Сборку кольцевого сварного соединения труб следует производить с использованием внутреннего гидравлического или пневматического центратора без прихваток. В случае невозможности осуществления сварки без прихваток их количество должно быть не менее 4, а длина каждой 100-200 мм каждая. Режим сварки – как для корневого слоя шва. Прихватки должны располагаться на расстоянии не менее <b>100 мм</b> от заводских швов труб и СДТ. Во время сварки корневого слоя шва прихватки должны быть полностью удалены механическим способом с помощью шлифмашинки. 5. Снимать наружный центратор разрешается после выполнения не менее 60% корневого слоя шва, при этом участки корневого слоя шва следует равномерно располагать по периметру сварного соединения, начало и конец каждого участка должны быть обработаны механическим способом шлифмашинки и иметь плавный переход для сварки оставшейся части корневого слоя шва. 6. Не допускается перемещать или подвергать любым внешним воздействиям трубы и СДТ до полного завершения сварки соединения. 7. Разрешается оставлять незаконченными сварные соединения в случае, если высота сварного шва составляет не менее 2/3 толщины стенки трубы. 8. Температура на кромках труб перед сваркой корневого слоя шва (выполнения прихваток) должна быть не ниже установленного для каждой толщины стенки номинального значения. 9. Межслойная температура должна составлять не менее 50°С и не более 250 °С. В случае остывания сварного соединения ниже +50°С произвести сопутствующий подогрев до +100 <sup>+30</sup> °С. 10. Усиление облицовочного слоя по периметру межваликовой канавки должно составлять не менее 1,0 мм. Глубина межваликовой канавки должна составлять не более 1,0 мм. Высота усиления по периметру центральной оси каждого прохода (валика) облицовочного слоя не должна превышать 3,0 мм. 11. Изменение ширины облицовочного слоя на одном сварном соединении не должно превышать <b>5 мм</b> . 12. Возбуждение дуги при сварке следует выполнять только на поверхности разделки свариваемых кромок или на поверхности ранее выполненном сварном слое шва. Запрещается зажигать дугу на поверхности металла труб и СДТ. Присоединение обратного кабеля должно обеспечивать токоподвод преимущественно в разделку кромок элементов. Не допускается приваривать к телу трубы и СДТ какие-либо крепежные элементы обратного кабеля. 13. Перед выполнением облицовочного слоя следует недозаполнить разделку на 1–2 мм в нижнем и потолочном положениях. 14. При проведении работ не должна нарушаться целостность изоляции. 15. На изоляционном покрытии (на расстоянии от 100 до 150 мм от края изоляции) маркером или несмываемой краской должно быть нанесено клеймо/шифр бригады сварщиков, выполнявших сварку соединения трубы и СДТ. 16. Не допускается приваривать обратный кабель к телу трубы. 17. Порошковая проволока (при отсутствии прямого попадания влаги) не требует прокалки перед использованием.
На спуск	2,3-4,05	обратная	400-430	50-55	10-16	10-16	
<p>* В положении от 0<sup>00</sup> до 1<sup>00</sup> ч сварка осуществляется с поперечными колебаниями без задержки на кромках при скорости подачи проволоки 2,3-3,05 м/мин, в положении от 1<sup>00</sup> до 6<sup>00</sup> ч без поперечных колебаний при скорости подачи проволоки 3,3-4,05 м/мин.</p> <p>Скорость изменения заднего фронта импульса 0. Установка параметра горячего старта 2 или 3.</p> <p>Угол наклона электрода (назад): в положении 0<sup>00</sup> ч от 10° до 20°, в положении 0<sup>00</sup> до 1<sup>00</sup> ч от 30° до 45°, в положении 1<sup>00</sup> до 4<sup>00</sup> ч от 20° до 45°, в положении 4<sup>00</sup> до 5<sup>00</sup> ч постепенно уменьшать до нуля, в положении 5<sup>00</sup> до 6<sup>00</sup> ч от 5° до 10°.</p>							
Режимы сварки заполняющих и облицовочного слоев шва							
Сварочные слои	Направление сварки	Диаметр, мм	Полярность	Сварочный ток, А	Скорость подачи проволоки, м/мин	Напряжение, В	
Заполняющие	На спуск	2,0	прямая	-	2-2,8	18,5—21,5	
Корректирующий	На спуск	2,0	прямая	-	2-2,3	17,5-19,5	
Облицовочный	На спуск	2,0	прямая	-	2-2,3	17,5-19,5	
При сварке порошковой проволокой следует строго соблюдать соотношение между скоростью подачи проволоки и напряжением.							



## ПЕРЕЧЕНЬ И ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ ОПЕРАЦИЙ СБОРКИ И СВАРКИ

№ п/п	Операция	Содержание операций	Оборудование и инструмент
1	Очистка труб	<ul style="list-style-type: none"> <li>Внутреннюю и наружную неизолированную поверхности труб очистить от земли, снега, наледи и других загрязнений. При очистке внутренней полости труб не должна быть нарушена целостность внутреннего гладкостного покрытия.</li> </ul>	Скребок- SKYSCRAPER кол-во 2 шт; Металлическая щетка STAINLESSSTEL кол-во 2шт
2	Подготовка кромок	<ul style="list-style-type: none"> <li>Осмотреть кромки соединяемых элементов, а также прилегающие к ним наружные и внутренние поверхности. На наружных и внутренних поверхностях, торцах труб и СДТ не допускаются трещины, рванины, закаты, расслоения, вкатанные окалины.</li> <li>Устранить шлифованием царапины, риски, задиры на поверхности труб глубиной <b>до 5%</b> от нормативной толщины труб, при этом толщина стенки не должна быть выведена за пределы минусового допуска для труб по ТУ. Допустимая остаточная толщина стенки труб - <b>не менее 19 мм</b>. Устранить шлифованием с плавным переходом к основному металлу трубы задиры, риски и царапины глубиной <b>до 0,2 мм</b> без ограничения протяженности, а также глубиной не более <b>0,4 мм</b> и длиной не более <b>150 мм</b>. Места зачистки не должны выводить остаточную толщину стенки трубы за пределы минусового допуска по ТУ.</li> <li>Для СДТ (тройников, ОГ, ДШ) предельные отклонения (минусовой допуск) не должен превышать <b>15%</b> номинальной толщины стенки.</li> <li>Замер толщины стенки на участках поверхности труб и СДТ, подвергнутых зачистке (зашлифовке), производить с помощью ультразвукового толщиномера. Шероховатость поверхности труб и СДТ после механической зачистки должна быть не более <b>Rz40</b>.</li> <li>Не допускается выполнять ремонт сваркой основного металла тела труб и СДТ.</li> <li>Трубы и СДТ с недопустимыми дефектами на свариваемых кромках, а также на внутренней и наружной поверхности на расстоянии менее <b>40 мм</b> от торцов к сборке не допускаются. Поврежденный участок трубы должен быть обрезан, а резанные торцы должны быть обработаны специализированным станком до восстановления требуемой разделки кромок. При этом металл резанных кромок должен быть удален станком на глубину не менее <b>1,0 мм</b>.</li> <li>После обрезки (вырезки) участка трубы с недопустимыми дефектами с целью выявления возможных расслоений необходимо выполнить ультразвуковой контроль сплошным сканированием всего периметра участка трубы, прилегающего к торцу на ширине не менее <b>40 мм</b>. Если в процессе УЗК выявлено наличие расслоений, необходимо обрезать трубу на расстоянии не менее <b>300 мм</b> от торца и произвести повторный контроль всего периметра трубы.</li> <li>Наружное усиление заводского шва снять с поверхности трубы и СДТ до высоты <b>0,5 – 1,0 мм</b> на расстоянии <b>10-15 мм</b> от торца.</li> <li>Зачистить до чистого металла кромки и прилегающие к кромкам внутреннюю и наружную поверхности труб и СДТ на ширину не менее <b>15 мм</b> без нарушения внутреннего гладкого покрытия элементов.</li> </ul>	Ультразвуковой толщиномер, универсальный шаблон сварщика УШС-3, линейка 300, штангенциркуль ШЦ-2, шлифмашинка BOCH GRB 14 CEPROFESSIONAL 06018A9000 - 2 шт с набором абразивных кругов и дисковых проволочных щеток, орбитальная газовая резка, станок подготовки кромок, контактный термометр или пирометр, ультразвуковой дефектоскоп

3	Сборка соединения	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Осуществить сборку стыкового соединения на внутреннем центраторе с зазором <b>2,5-3,5 мм</b>.</li> <li>• Заводские швы смещать относительно друг друга на расстояние не менее <b>100 мм</b>. Заводские швы рекомендуется располагать в верхней половине периметра.</li> <li>• Наружное смещение кромок соединений труб не должно превышать <b>2,0 мм</b>, допускаются локальные смещения кромок до <b>3,0 мм</b> при общей протяженности участков с указанным смещением не более <b>1/6</b> периметра свариваемого соединения.</li> <li>• Не допускается для установления необходимых параметров сборки зазора, смещения кромок применять ударный инструмент.</li> </ul>	Внутренний центратор ЦВ147, универсальный шаблон сварщика УШС-3, линейка 300
4	Подогрев соединения	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Установить на свариваемое соединение индукционный подогреватель и осуществить предварительный подогрев кромок стыкуемых труб и СДТ до температуры не менее <b>+100<sup>+30</sup> °С</b> не зависимо от температуры окружающего воздуха. В случаях прекращения энергообеспечения или при выходе из строя установки индукционного нагрева, допускается выполнять нагрев газопламенными нагревательными устройствами (кольцевыми газовыми подогревателями) до возобновления энергообеспечения или замены вышедшего из строя оборудования, но не более, чем до конца рабочей смены или полного завершения сварного шва. Подогрев не должен нарушать целостность изоляции. При применении газопламенных нагревательных устройств (горелок) следует применять термоизолирующие пояса или боковые ограничители пламени. Максимальная температура нагрева элементов в месте начала заводского изоляционного покрытия труб и СДТ не должна превышать <b>120±10°С</b>.</li> <li>• Контроль температуры выполнять непосредственно перед выполнением корневого слоя шва на наружной поверхности в местах, равномерно расположенных в каждой четверти по периметру сварного соединения на расстоянии от <b>10-15 мм</b> и от <b>60-75 мм</b> в обе стороны от свариваемых кромок соединения.</li> <li>• В случае снижения температуры кромок в процессе сборки и сварки первого (корневого слоя шва) ниже температуры: <b>+100°С</b> необходимо выполнить подогрев до регламентированной температуры предварительного подогрева. Допускается при снижении температуры предварительного подогрева свариваемых кромок не более чем на <b>20°С</b> выполнять подогрев газопламенными устройствами (ручными газовыми горелками, кольцевым газовым подогревателем).</li> <li>• Снять подогреватель.</li> </ul>	Установка индукционного подогрева ППЧ-20-10, кольцевой газовый подогреватель «Кольцо-1420» Джет, Термоизолирующий пояс ТЗП-1420, контактный термометр или пирометр

5	Сварка	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Выполнить сварку корневого слоя шва проволокой сплошного сечения в среде углекислого газа методом STT «на спуск» без сварки прихваток. Сварка выполняется одновременно двумя сварщиками, при этом каждый сварщик сваривает один из полупериметров трубы.</li> <li>• В месте начала выполнения корневого слоя шва вторым сварщиком (положение 0 ч) полностью вышлифовать первые 1–2 см шва, выполненные первым сварщиком, и далее сошлифовать до минимально возможной величины верхнюю часть шва на длине не менее 2 см для обеспечения плавного выхода на сварку второй полуокружности трубы.</li> <li>• В месте выполнения «замка» вторым сварщиком (положение 6 ч) сошлифовать до минимально возможной толщины участок корневого слоя шва на длине не менее 2 см, выполненный первым сварщиком.</li> <li>• Произвести тщательную обработку абразивным кругом поверхности корневого слоя шва.</li> <li>• Провести визуальный контроль корневого слоя шва снаружи и изнутри трубы. Усиление корневого слоя шва изнутри трубы должно составлять 1-3 мм при ширине 8-10 мм.</li> <li>• При необходимости провести ручную подварку дефектных участков, имеющих поверхностные дефекты, непровары, несплавления, электродами типа Э50А Ø 3,0–4,0 мм на постоянном токе обратной полярности. Сварочный ток: 80-110 А – при сварке электродами Ø 3,0 / 3,2 мм; 110-170 А – при сварке электродами Ø 4,0 мм. Подварочный слой должен иметь ширину 8-10 мм и усиление 1-3 мм.</li> <li>• Выполнить сварку самозащитной порошковой проволокой «на спуск» первого и последующих заполняющих слоев шва.</li> <li>• Места начала и окончания сварки каждого последующего слоя должны быть смещены относительно мест начала и окончания предыдущего слоя, при этом место начала сварки следует смещать на расстояние не менее <b>30 мм</b>, место окончания сварки- на расстояние не менее <b>70 мм</b>. При многопроходной сварке места начала и окончания сварки соседних проходов следует смещать друг от друга на расстояние не менее <b>30 мм</b>. Производить послойную зачистку от шлака и брызг.</li> <li>• По завершении каждого прохода производить послойную зачистку от шлака и брызг. При этом после выполнения первого заполняющего слоя зачистка производится абразивным кругом или дисковой проволочной щеткой, всех последующих слоев – дисковой проволочной щеткой.</li> <li>• Перед наложением облицовочного слоя выполнить сварку порошковой проволокой корректирующего слоя в положениях <math>1^{30} \div 4^{30}</math> ч и <math>9^{30} \div 7^{30}</math> ч (ориентировочно). Расположение корректирующего слоя зависит от толщины стенки труб и особенности заполнения разделки каждым сварщиком.</li> <li>• Выполнить сварку порошковой проволокой облицовочного слоя шва.</li> <li>• В процессе сварки должен осуществляться пооперационный внешний осмотр качества выполнения каждого слоя шва. При этом видимые поверхностные дефекты слоев шва должны устраняться по мере их выявления.</li> <li>• Выровнять шлифмашинкой видимые грубые участки поверхности облицовочного слоя шва и зачистить набором дисковых проволочных щеток прилегающую к нему поверхность труб на расстоянии не менее <b>15 мм</b> от шлака и брызг.</li> <li>• После окончания сварки, сварное соединение при температуре окружающего воздуха ниже <b>+5°C</b> и/или наличии осадков следует накрыть термоизолирующим поясом до полного остывания.</li> <li>• Маркировку (клеймение) кольцевых швов соединений труб следует выполнять маркерами или несмываемой краской на наружной поверхности трубы на расстоянии <b>от 100 мм до 150 мм</b> от края изоляции.</li> </ul>	<p>Механизм подачи проволоки K316L-1 LN-23P кол-во 2 шт, Сварочный теристорный выпрямитель Lincoln Electric Idealarc DC400 кол-во 2 шт, K350-1 комплект адаптера LN-23P для 14-пин соединения кол-во 2 шт, Внутренний центратор ЦВ-85 кол-во 1шт, шлифмашинка BOCH GRB14 CEPROFESSIONAL 06018A9000 - 2 шт с набором абразивных кругов и дисковых проволочных щеток, установка индукционного подогрева, кольцевой газовый подогреватель, контактный термометр или пирометр, металлическая щетка STAINLESSSTEL 2 шт, шаблон сварщика УШС-3, термопенал сварщика, термопояс, маркер или несмываемая краска</p>
---	--------	---	---

6	Контроль качества	<ul style="list-style-type: none"> <li>В процессе выполнения сборочно-сварочных работ выполнять пооперационный контроль качества.</li> <li>Провести неразрушающий контроль. Объёмы и методы неразрушающего контроля осуществить согласно НТД.</li> </ul>	Оборудование и приборы ЛНК
Карта разработана:		Согласовано:	Утверждаю:
«__» _____ 20__ г.		<div>_____</div> <div>«__» _____ 20__ г.</div> <div>«__» _____ 20__ г.</div>	<div>_____</div> <div>«__» _____ 20__ г.</div>

ОПЕРАЦИОННАЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ КАРТА ВИЗУАЛЬНОГО И ИЗМЕРИТЕЛЬНОГО КОНТРОЛЯ СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ			ШИФР		
			ТК-ВИК-1420-21,7-АС		
НАИМЕНОВАНИЕ ПРЕДПРИЯТИЯ			Уровень качества	В	
НАИМЕНОВАНИЕ ОБЪЕКТА					
НОРМАТИВНЫЕ И МЕТОДИЧЕСКИЕ ДОКУМЕНТЫ	РД 03-606-03; СТО Газпром 2-2.4-083-2006; Технические требования к сварке и неразрушающему контролю качества сварных соединений, в том числе при пересечении зон активных тектонических разломов				
1. ОБЪЕКТ КОНТРОЛЯ	Номинальный диаметр трубы (D), мм		1420		
	Номинальная толщина стенки (S), мм		21,7		
	Тип сварного соединения. Вид сварки		Стыковое, кольцевое. CRC (ААДП; ААДП+МАДП)		
	Конструктивные элементы сварных соединений		труба + труба		
2. ПАРАМЕТРЫ, ПОДЛЕЖАЩИЕ КОНТРОЛЮ И ИЗМЕРЕНИЯМ		3. ЗНАЧЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ, ПОДЛЕЖАЩИХ ИЗМЕРЕНИЯМ			
При визуальном контроле проверить:	При инструментальном контроле измерить:	Наименование параметра	Условное обозначение	Обозначение на схеме	Значение параметра
<ul style="list-style-type: none"><li>- наличие маркировки шва и правильность ее выполнения;</li><li>- наличие зачистки поверхности сварного соединения;</li><li>- отсутствие (наличие) поверхностных трещин всех видов и направлений;</li><li>- отсутствие (наличие) на поверхности сварных соединений следующих дефектов: пор, включений, отслоений, прожогов, свищей, наплывов, усадочных раковин, подрезов, непроваров, брызг расплавленного металла, незаваренных кратеров;</li><li>- отсутствие (наличие) западаний между валиками, грубой чешуйчатости, прижогов металла в местах касания сварочной дугой поверхности основного металла, а также отсутствие поверхностных дефектов в местах зачистки</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>- величину шероховатости;</li><li>- размеры поверхностных дефектов (поры, включения и др.), выявленных при визуальном контроле;</li><li>- величину выпуклости (вогнутости) наружной и обратной стороны шва (в случае доступности обратной стороны шва для контроля) и ширину шва;</li><li>- величину смещения кромок;</li><li>- высоту углублений между валиками (западания межваликовые) и чешуйчатости поверхности шва;</li><li>- размеры подрезов основного металла;</li><li>- размеры несплавлений (непроваров) с наружной и в случае доступности – внутренней стороны шва</li></ul>	Освещенность	-	-	≥ 500 Лк
		Шероховатость поверхности	-	-	≤ Ra 12,5 (Rz 80)
		Ширина облицовочного слоя	-	e	11 – 16 мм
		Ширина корневого (внутреннего) слоя	-	e <sub>1</sub>	4 – 10 мм
		Высота усиления облицовочного слоя	-	g	2 ± 1 мм
		Высота усиления корневого (внутреннего) слоя	-	g <sub>1</sub>	0,5 – 3,0 мм
		Глубина чешуйчатости шва	-	-	≤ 1 мм
		Глубина межваликовой канавки	-	-	≤ 1 мм
		Поверхностные поры и включения	A, B	-	Не допускаются
		Свищи, плены, рванины, расслоения и закаты, прижоги основного металла, забоины	-	-	Не допускаются
		Кратеры	K	-	Не допускаются
		Трещины	E	-	Не допускаются
		Несплавления по кромкам выходящие на поверхность	Dc <sub>2</sub>	b	h ≤ 0,75 мм; l <sub>1</sub> ≤ 15 мм; ∑D ≤ 15 мм
		Подрезы	Fc	b <sub>1</sub>	h ≤ 0,5 мм, l <sub>1</sub> ≤ 150 мм (при Fd > 2 не допускаются)
		Наружное/внутреннее смещение кромок	Fd	-	h ≤ 2,0 мм (допускаются h ≤ 3,0 мм при ∑D ≤ 743 мм)

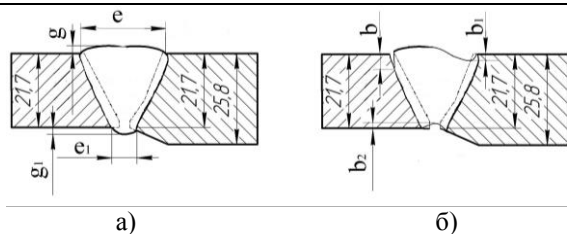


Рисунок 1. Размеры сварного шва, подлежащие измерительному контролю:

- а) размеры (ширина  $e$ ,  $e_1$ ; высота  $g$ ,  $g_1$ ) стыкового сварного шва;  
 б) дефекты сварного шва:  $b$  – глубина несплавления, выходящего на поверхность;  $b_1$  – глубина подреза;  $b_2$  – глубина вогнутости

#### 4. СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ И ТРЕБОВАНИЯ К ПРОВЕДЕНИЮ ИЗМЕРЕНИЙ

Контролируемый параметр	Средства измерений	Требования к проведению измерений
Ширина шва	Штангенциркуль или шаблон универсальный (УШСЗ)	В местах наибольшей и наименьшей ширины, но не менее чем в 2 точках по длине шва
Величина смещения кромок	Шаблон универсальный (УШСЗ)	Измерению подлежит каждое смещение
Выпуклость (вогнутость) шва	Шаблон универсальный (УШСЗ)	Измерения в 2-3 местах в зоне максимальной величины
Глубина неполного заполнения разделки	Шаблон универсальный (УШСЗ)	Измерению подлежит каждое неполное заполнение
Чешуйчатость шва	Шаблон универсальный (УШСЗ)	Измерение не менее чем в 4 точках по длине шва
Глубина западений между валиками	Шаблон универсальный (УШСЗ)	Измерение не менее чем в 4 точках по длине шва
Размеры (диаметр, длина, ширина) одиночной несплошности	Лупа измерительная ЛИ-3-10 <sup>х</sup>	Измерению подлежит каждая несплошность
Подрезы	Шаблон универсальный (УШСЗ)	Измерению подлежит каждый подрез
Шероховатость	Образец шероховатости	В местах вызывающих сомнение
Освещённость	Люксметр	Измерению подлежит окружающее освещение

Описание выявленных дефектов сварного соединения производить согласно ТК-ВИК-1420-21,7х25,8-АС (раздел 3); Техническим требованиям к сварке и неразрушающему контролю качества сварных соединений при строительстве, в том числе при пересечении зон активных тектонических разломов (таблица 11.3).

По результатам расшифровки заполнить заключение согласно СТО Газпром 2-2.4-083-2006 (приложение А).

Занести результаты заключения в журнал контроля сварных соединений неразрушающими методами согласно СТО Газпром 2-2.2-136-2007 (приложение Г, форма Г.4).


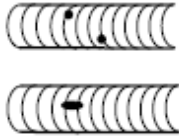











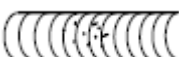



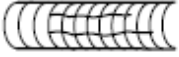
ОПЕРАЦИОННАЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ КАРТА РАДИОГРАФИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ								ШИФР ТК-РКП-1420-21,7				
НАИМЕНОВАНИЕ ПРЕДПРИЯТИЯ								Уровень качества		В		
НАИМЕНОВАНИЕ ОБЪЕКТА												
НОРМАТИВНЫЕ И МЕТОДИЧЕСКИЕ ДОКУМЕНТЫ						ГОСТ 7512-82*; СТО Газпром 2-2.4-083-2006; Технические требования к сварке и неразрушающему контролю качества сварных соединений, в том числе при пересечении зон активных тектонических разломов; Временные требованиями к организации сварочно-монтажных работ, применяемым технологиям сварки, неразрушающему контролю качества сварных соединений и оснащенности подрядных организаций при строительстве, реконструкции и капитальном ремонте магистральных газопроводов ОАО «Газпром»						
1. ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ												
ОБЪЕКТ КОНТРОЛЯ			ИСТОЧНИК ИЗЛУЧЕНИЯ			СХЕМА ПРОСВЕЧИВАНИЯ						
Номинальный диаметр трубы (D), мм	Номинальная толщина стенки (S), мм	Тип сварного соединения Вид сварки	Рентгеновский аппарат непрерывного действия ICM Site-X C3005 (или аналогичный по техническим характеристикам)			ПАНОРАМНОЕ ПРОСВЕЧИВАНИЕ 						
1420	25,8	Стыковое, Кольцевое РД; ААДП				1-источник излучения; 2-рентгеновская пленка; 3-сварное соединение 						
2. МАТЕРИАЛЫ И ОСНОВНЫЕ ПАРАМЕТРЫ КОНТРОЛЯ												
Размер активной части источника, мм	Тип радиографической пленки	Тип и толщина усиливающего экрана, мм	Радиационная толщина, мм	Напряжение на трубке, кВ	Ток, мА	Время экспозиции, сек	Требуемая чувствительность контроля К, мм	Расстояние от источника излучения до контролируемого объекта f, мм	Формат радиографической пленки, мм x мм		Длина оценочного участка, мм	
									рулонная	форматная	для рулонных снимков	для форматных снимков
5,0 x 0,8	Kodak AA400, Agfa D7 Fujifilm IX100, ТКС D7-M	Свинцовый 0,027	21,7	≤ 300	5	120 (экспозицию уточняют для каждой партии пленки)	0,5	684	4500 x 70 (100)	300x70 (100) – 18 кас-сет	300	260
										400x70 (100) – 13 кас-сет		360
											Лист 1	
											Всего листов 7	













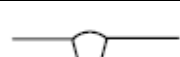




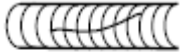




ОПЕРАЦИОННАЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ КАРТА РАДИОГРАФИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ			ШИФР ТК-РКП-1420-21,7
3. ПЕРЕЧЕНЬ ОПЕРАЦИЙ РАДИОГРАФИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ			
№№ п/п	Наименование операции	Содержание операции, основные требования	Оборудование и инструмент
3.1.	Подготовка к контролю	<p>3.1.1. Радиографический контроль проводить после внешнего осмотра сварного соединения и устранения обнаруженных наружных дефектов (незаплавленных кратеров, подрезов, выходящих на поверхность пор и т.д.).</p> <p>3.1.2. Отметить на сварном соединении несмывающейся краской начало укладки радиографической пленки и установки мерительного пояса (от зенита трубы по часовой стрелке по ходу транспортируемого продукта), направление укладки радиографической пленки.</p> <p>3.1.3. Установить на стык:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- мерительный пояс со свинцовыми цифрами;</li> <li>- канавочные эталоны чувствительности Fe №№ 11,12,13 по одному на каждую четверть стыка при просвечивании на рулонную радиографическую пленку или по одному на каждый форматный снимок на расстоянии не менее 5 мм от шва с направлением канавок поперек шва.* В случае контроля сварных соединений СДТ ТПА и невозможности установки эталонов на большую толщину (п.9.14.10 СТО Газпром 2-2,4-083-2006) из-за разделки кромок, эталоны следует устанавливать на меньшую толщину.</li> </ul> <p>3.1.4. Нанести маркировку на радиографическую пленку с помощью свинцовых маркировочных знаков или других приспособлений в соответствии с порядком маркировки радиографических снимков на объекте на расстоянии не менее 20 мм от границы облицовочного слоя.</p> <p>3.1.5. Установить на стык с помощью прижимного пояса радиографическую пленку в светонепроницаемых кассетах (или отрезок рулонной пленки соответствующей длины) так, чтобы обеспечить плотное прилегание пленки к металлу шва и перекрытие изображений смежных участков сварного соединения не менее 20 мм.</p> <p>3.1.6. Оградить сигнальными знаками или флажками зону излучения, мощность излучения в которой превышает 1 мЗв/час, или установить предупреждающий сигнализатор со световой и звуковой сигнализацией (при его наличии).</p> <p>3.1.7. Проверить и записать показания индивидуальных дозиметров.</p>	<p>Мерительный пояс.</p> <p>Прижимной пояс.</p> <p>Канавочные эталоны чувствительности Fe №11,12,13 по ГОСТ 7512-82*.</p> <p>Карандаш-маркер.</p> <p>Свинцовые маркировочные знаки.</p> <p>Светонепроницаемые кассеты с форматной радиографической пленкой или рулонная радиографическая пленка.</p> <p>Усиливающие экраны.</p> <p>Дозиметр типа ДКГ-РМ-1621.</p> <p>Предупреждающий сигнализатор (при наличии).</p> <p>Индивидуальный дозиметр типа ДТЛ.</p> <p>Сигнальные знаки или флажки.</p> <p>Ограждающая лента.</p>
3.2.	Просвечивание сварного соединения	<p>3.2.1. Установить источник излучения согласно схеме просвечивания.</p> <p>3.2.2. Убедиться в отсутствии людей в зоне излучения, включить предупреждающий сигнализатор (при его наличии).</p> <p>3.2.3. Отойти на безопасное расстояние и произвести просвечивание в соответствии с требованиями Раздела 2 «Материалы и основные параметры контроля».</p> <p>3.2.4. По окончании просвечивания снять радиографическую пленку со стыка.</p> <p>3.2.5. По окончании рабочей смены проверить и записать показания индивидуальных дозиметров.</p>	<p>Рулетка.</p> <p>Рентгеновский аппарат.</p> <p>Кроулер JME 24"</p>


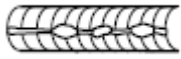

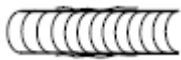
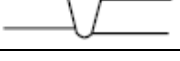



ОПЕРАЦИОННАЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ КАРТА РАДИОГРАФИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ			ШИФР ТК-РКП-1420-21,7
3.3.	Фотообработка радиографической пленки	<p>3.3.1. Фотообработку экспонированной радиографической пленки проводить в специально оборудованном помещении – фотолаборатории при неактиничном освещении.</p> <p>3.3.2. Проверить пригодность и температуру обрабатываемых растворов. Они должны иметь температуру в пределах 15-25°C. При этом следует иметь в виду, что проявитель готов к применению не ранее чем через 12 часов после приготовления, а также, что в 1 литре проявителя может быть качественно обработано не более 1 м<sup>2</sup> пленки, а фиксаж пригоден к работе, если в 1 литре его обработано не более 1,2 м<sup>2</sup> пленки.</p> <p>3.3.3. Оптимальное время проявления при температуре проявителя 20°C указывается на этикетке первичной упаковки. Время проявления в проявителе устанавливать в зависимости от фактической температуры проявления.</p> <p>3.3.4. Режимы промывок, фиксирования и сушки выбирать следующие:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- промежуточная промывка – не менее 1 мин при температуре 12-28°C;</li> <li>- фиксирование в фиксирующем растворе – не менее 10 мин при температуре 20+5°C;</li> <li>- окончательная промывка в проточной или сменной (не менее 3 раз) воде – не менее 15 мин. при температуре 12-28°C;</li> <li>- сушка естественная или в потоке воздуха – до полного высыхания при температуре не выше 35°C.</li> </ul>	<p>Лабораторный фонарь.</p> <p>Кюветы или автоматическая проявочная машина.</p> <p>Таймер.</p> <p>Термометр.</p> <p>Пинцет.</p> <p>Раствор для обработки радиографической пленки.</p>
3.4.	Расшифровка снимков	<p>3.4.1. Просмотр и расшифровку снимков производить согласно ТТ «МГ «Сила Сибири» (таблица 11.4) после их полного высыхания в затемненном помещении с применением специальных осветителей – негатоскопов, отвечающих требованиям ГОСТ 7512-82*.</p> <p>3.4.2. Снимки допускаются к расшифровке, если они удовлетворяют следующим требованиям:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- на снимках отсутствуют пятна, полосы, загрязнения и повреждения эмульсионного слоя, затрудняющие расшифровку снимков;</li> <li>- на снимках должны быть видны изображения эталонов чувствительности, изображения ограничительных меток и маркировка, включающая в себя шифр объекта, номер стыка, шифр (клеймо) сварщика или бригады, шифр дефектоскописта;</li> <li>- оптическая плотность самого светлого участка сварного шва должна быть не менее 1,5 Б; разность оптических плотностей изображения канавочного эталона чувствительности и основного металла в месте установки эталона должна быть не менее 0,5 Б; Верхний предел е.о.п. может превышать 4 Б и ограничен лишь устройствами для просмотра снимков.</li> <li>- денситометр для измерения оптической плотности должен соответствовать требованиям ГОСТ 8.588-2006;</li> <li>- чувствительность снимков в соответствии с ГОСТ 7512-82* (III класс чувствительности) должна быть не хуже 0,6 мм.</li> </ul> <p>3.4.3. По результатам расшифровки заполнить заключение согласно СТО Газпром 2-2.4-083-2006 (приложение Б). Результаты РК для сварных соединений сваренных автоматической сваркой и захлестных стыков должны предоставляться не позднее чем через 24 часа после окончания сварки.</p> <p>3.4.4. Занести результаты заключения в журнал контроля сварных соединений неразрушающими методами согласно СТО Газпром 2-2.2-136-2007 (приложение Г, форма Г.4).</p>	<p>Денситометр.</p> <p>Набор мер оптической плотности.</p> <p>Негатоскоп Kowolux 3 или аналог.</p> <p>Трафарет для расшифровки радиографических снимков.</p> <p>Измерительная лупа.</p>
4. ОЦЕНКА РЕЗУЛЬТАТОВ КОНТРОЛЯ			

	Лист 3
	Всего листов 7

ОПЕРАЦИОННАЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ КАРТА РАДИОГРАФИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ					ШИФР
					ТК-РКП-1420-21,7
Название дефекта	Условное обозначение дефекта	Схематическое изображение дефектов		Вид дефекта	Допустимые размеры дефектов сварных соединений
		в сечении	в плане		
Поры	Aa			Единичные, (сферические и удлиненные)	при $L \geq 3d$ : $d, h, l, w \leq 2,5 \text{ мм}$ при $L \geq 5d$ : $d, h, l, w \leq 3,0 \text{ мм}$ $\sum d \leq 50 \text{ мм}$
	Ab			Цепочки	$d, h, w \leq 2,0 \text{ мм};$ $l \leq 25,8 \text{ мм};$ $\sum d \leq 30 \text{ мм}$
	Ac			Скопления	$d, h \leq 1,5 \text{ мм};$ $l, w \leq 12,9 \text{ мм};$ $\sum d \leq 30 \text{ мм}$
	Ak			Канальные, в т.ч. «червеобразные»	$h, w \leq 1,5 \text{ мм};$ $l \leq 12,5 \text{ мм},$ $\sum d \leq 25 \text{ мм}$
Неметаллические (шлаковые) включения	Ba			Единичные компактные	$h \leq 2,6 \text{ мм}$ при $w \leq 3,0 \text{ мм};$ $l \leq 7,0 \text{ мм};$ $\sum d \leq 30 \text{ мм}$
	Bb			Цепочки	$d, h, w \leq 1,5 \text{ мм};$ $l \leq 25 \text{ мм};$ $\sum d \leq 50 \text{ мм}$
	Bc			Скопления	$d, h \leq 1,5 \text{ мм};$ $l, w \leq 12,5 \text{ мм};$ $\sum d \leq 30 \text{ мм}$
	Bd <sub>1</sub>			Односторонние удлиненные	$h \leq 1,5 \text{ мм};$ $l \leq 25 \text{ мм};$ $\sum d \leq 50 \text{ мм}$
Неметаллические (шлаковые)	Bd <sub>2</sub>			Двухсторонние удлиненные	$h \leq 1,5 \text{ мм};$ $l \leq 25,8 \text{ мм};$
					Лист 4
					Всего листов 7

ОПЕРАЦИОННАЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ КАРТА РАДИОГРАФИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ					ШИФР
					ТК-РКП-1420-21,7
включения					$\Sigma l \leq 30$ мм при $w \leq 0,8$ мм с обеих сторон шва – рассматриваются как один дефект; при $w > 0,8$ мм с любой стороны шва – рассматриваются как отдельные дефекты и их протяженность суммируется
Металлические включения	Mw			Вольфрамовые и включения других нерастворимых металлов	$d, h, w \leq 2,6$ мм; $l \leq 6$ мм при $L \leq 50$ мм; количество включений: не более 4 на 300 мм шва
Непровары	Da <sub>1</sub>			В корне шва	$h \leq 0,75$ мм; $l \leq 15$ мм; $\Sigma l \leq 30$ мм
	Da <sub>2</sub>			В корне шва из-за смещения кромок	$l \leq 50$ мм; $\Sigma l \leq 75$ мм
	Da <sub>3</sub>			Внутренние при двухсторонней сварке	$h \leq 2,0$ мм; $l \leq 12,5$ мм; $\Sigma l \leq 25$ мм
Несплавления	Db			Межслойные	$l \leq 30$ мм; $\Sigma l \leq 30$ мм
	Dc <sub>1</sub>			По разделке кромок	$h \leq 1,0$ мм; $l \leq 15,0$ мм; $\Sigma l \leq 15$ мм
	Dc <sub>2</sub>			По разделке кромок, выходящие на поверхность	$h \leq 0,75$ мм; $l \leq 15$ мм; $\Sigma l \leq 15$ мм
Трещины	E	  	  	Любой длины и направления относительно сварного шва	Не допускаются
Дефекты формы шва	Fa			Вогнутость корня шва (утяжина)	$h \leq 2,0$ мм; $l \leq 50$ мм; $\Sigma l \leq 100$ мм

ОПЕРАЦИОННАЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ КАРТА РАДИОГРАФИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ				ШИФР
				ТК-РКП-1420-21,7
Fb			Превышение проплавления (провис)	$h \leq 5,0$ мм; $l \leq 25,8$ мм; $\Sigma_d \leq 50$ мм
Fc			Подрезы	$h \leq 0,5$ мм; $l \leq 150$ мм;
Fd			Смещение кромок	$h \leq 3,0$ мм
<b>Примечания:</b> 1. В сварном соединении с внутренней подваркой – непровары и несплавления в корне сварного соединения не допускаются. 2. Суммарная протяженность допустимых по высоте внутренних дефектов на любые 300 мм сварного соединения не должна превышать 50 мм, но не более 743 мм по периметру сварного соединения, кроме дефектов с условными обозначениями Fa, Fc и Fd, протяженность которых не учитывается при подсчете суммарной протяженности всех дефектов. 3. Сварное соединение ремонтируется, если суммарная протяженность всех выявленных дефектов меньше 743 мм, в противном случае сварное соединение подлежит вырезке. 4. Подрезы, смещения кромок и другие наружные дефекты швов измеряются в процессе визуального и измерительного контроля. 5. При смещении кромок более 2-х мм любые подрезы не допускаются. 6. Внутренние подрезы и смещения кромок могут определяться физическими методами контроля. 7. Подрезы $h \leq 0,3$ мм не квалифицируются как нормируемые дефекты, и их протяженность не регламентируется. 8. На участке максимально допустимого смещения кромок любые дефекты не допускаются. 9. При оценке качества сварных соединений разнотолщинных элементов, нормы оценки дефектов принимаются по элементу меньшей толщины.				
<b>5. УСЛОВНАЯ ЗАПИСЬ ДЕФЕКТОВ ПРИ РАСШИФРОВКЕ СНИМКОВ И ДОКУМЕНТАЛЬНОМ ОФОРМЛЕНИИ РЕЗУЛЬТАТОВ РАДИОГРАФИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ</b>				
1. Для сокращенной записи дефектов при расшифровке снимков и документальном оформлении результатов контроля должны использоваться условные обозначения, приведенные в ТК-РКП-1420-21,7 (раздел 4. Оценка результатов контроля). 2. Для сокращенной записи максимальной суммарной длины дефектов (на участке снимка длиной 300 мм) должно использоваться условное обозначение – $\Sigma$ . 3. После условного обозначения дефектов указываются их размеры в миллиметрах: – для сферических пор, шлаковых и вольфрамовых включений – диаметр; – - для удлиненных пор, шлаковых и вольфрамовых включений – длина и ширина (через знак умножения); – - для цепочек, скоплений, окисных включений, непроваров и трещин – протяженность. 4. Для цепочек и скоплений пор, шлаковых и вольфрамовых включений после условного обозначения дефектов, входящих в цепочку или скопление, указываются: протяженность, максимальные диаметр или длина и ширина этих дефектов (через знак умножения). 5. При наличии на снимке изображений одинаковых дефектов (дефектов одного вида с одинаковыми размерами) допускается не записывать каждый из дефектов отдельно, а указывать перед условным обозначением дефектов их число. 6. После условного обозначения максимальной суммарной длины дефектов (на участке снимка длиной 300 мм) указывается эта длина в миллиметрах				
<b>6. ПРИМЕРЫ УСЛОВНОЙ ЗАПИСИ ДЕФЕКТОВ</b>				

	Лист 6
	Всего листов 7

ОПЕРАЦИОННАЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ КАРТА РАДИОГРАФИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ		ШИФР
		ТК-РКП-1420-21,7
№ п/п	Описание дефекта	Пример записи дефектов
1.	Единичная сферическая пора диаметром 3,5 мм	Aa 3,5
2.	Цепочка пор протяженностью 10 мм с максимальной длиной поры 1 мм и шириной 0,8 мм	Ab 10-1x0,8
3.	Единичное компактное шлаковое включение длиной 3 мм и шириной 1 мм	Ba 3x1
4.	Непровар в корне шва протяженностью 20 мм	Da <sub>1</sub> 20
5.	Несплавление по разделке кромок протяженностью 10 мм	Dc <sub>1</sub> 10
6.	Две единичные поры диаметрами 0,8 мм; три несплавления по разделке кромок протяженностью 2 мм; суммарная протяженность дефектов на участке сварного соединения длиной 300 мм – 7,6 мм	2Aa 0,8; 3Dc <sub>1</sub> 2; Σ7,6

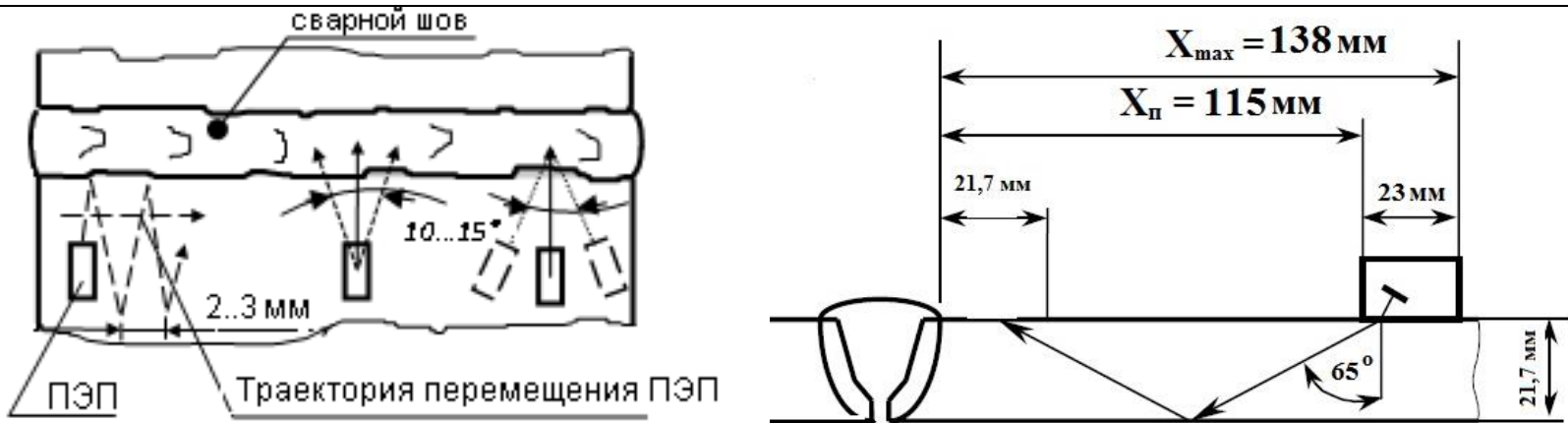
	Лист 7
	Всего листов 7

ОПЕРАЦИОННАЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ КАРТА УЛЬТРАЗВУКОВОГО КОНТРОЛЯ СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ										ШИФР			
										ТК-УК-1420-21,7			
НАИМЕНОВАНИЕ ПРЕДПРИЯТИЯ										Уровень качества		В	
НАИМЕНОВАНИЕ ОБЪЕКТА													
НОРМАТИВНЫЕ И МЕТОДИЧЕСКИЕ ДОКУМЕНТЫ				ГОСТ Р 55724-2013; СТО Газпром 2-2.4-083-2006, «Технические требования к сварке и неразрушающему контролю качества сварных соединений, в том числе при пересечении зон активных тектонических разломов»									
1. ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ													
ОБЪЕКТ КОНТРОЛЯ			ДЕФЕКТОСКОП	ПАРАМЕТРЫ КОНТРОЛЯ									
Номинальный диаметр трубы (D), мм	Номинальная толщина стенки (S), мм	Тип сварного соединения. Вид сварки	A1212 MASTER	Тип преобразователя	Рабочая частота (f), МГц	Стрела, мм, не более	Угол ввода (α), град	Предельная чувствительность по угловому отражателю, размеры зарубки СОП			Поправка чувствительности Δ, дБ	Скорость сканирования, мм/с, не более	
								мм²	b, мм	h, мм			
1420	21,7	Стыковое. РД		П121-2,5-65°	2,5	10	65°±2,0°	3,5	3,5	2,0	0	100	
2. ПОДГОТОВКА К КОНТРОЛЮ													
Наименование операции	Подготовка сварного соединения		Проверка основных параметров и настройка глубиномера дефектоскопа			Установка длительности строб-импульса		Настройка чувствительности дефектоскопа (браковочный (нормативный) уровень)			Проверка настроек дефектоскопа		
Содержание операции	Ультразвуковой контроль проводить после проведения визуального и измерительного контроля. Убедиться в наличии зачистки околошовной зоны с обеих сторон усиления от грязи, брызг металла, ржавчины. Чистота поверхности <b>Rz ≤ 40 мкм</b> . Ширина зоны зачистки ( <b>X<sub>max</sub></b> ) с обеих сторон должна быть <b>не менее 138 мм</b> . Отметить точку начала сканирования. Наложить мерный пояс. Нанести контактную смазку в соответствии с температурой воздуха.		1. Выставить значение скорости УЗ: для поперечной волны – <b>3230 м/с</b> (согласно данным паспорта на СОП). 2. Задать номинальный угол призмы используемого преобразователя – <b>65°</b> . 3. Амплитуда эхо-сигнала устанавливать в <b>80 %</b> от высоты экрана 4. По <b>СО-3</b> получить максимальный эхо-сигнал от донной поверхности, уточнить точку выхода УЗ пучка, величину стрелы ПЭП для каждого преобразователя. 5. Изменением значения задержки в призме преобразователей, добиться показаний глубиномера значения по дальности равным <b>55 мм</b> . 6. По <b>СО-2</b> найти максимум эхо-сигнала от бокового отверстия диаметром <b>6 мм</b> , на глубине <b>44 мм</b> . 7. Уточнить действительный угол ввода. Корректируя значение углов ввода добиться соответствия показаний глубиномера действительному значению координат точки отражения пучка от боковой поверхности отверстия.			1. Установить начало строга на <b>2-3 мм</b> правее зондирующего импульса. 2. Установить конец строга на величину двойной толщины объекта ( <b>не менее 44-46 мм</b> ). 3. Выставить строб на высоту <b>50-80 %</b> экрана. 4. Установить масштаб развертки так, чтобы строб занимал <b>4/5</b> ширины экрана.		1. Запустить процедуру настройки ВРЧ. 2. Получить максимальный эхо-сигнал ПЭП от нижней зарубки в СОП прямым лучом. Создать точку 1 для кривой ВРЧ 3. Получить максимальный эхо-сигнал ПЭП от верхней зарубки в СОП однократно отраженным лучом. Создать точку 2 для кривой ВРЧ. 4. Применить результат настройки ВРЧ. 5. Запустить процедуру настройки опорного уровня чувствительности. 6. Получить максимальный эхо-сигнал ПЭП от нижней зарубки в СОП прямым лучом. 7. Применить результат настройки опорного уровня чувствительности. 8. Включить функцию «Многоуровневый строб». 9. Установить уровень фиксации (контрольный) на <b>6 дБ</b> выше браковочного уровня. 10. Установить поисковый уровень на <b>12 дБ</b> выше браковочного уровня.			Проверка настроек контроля выполняться не реже, чем через каждые 4 часа и по завершению контроля, а также, если изменилась температура окружающей среды или объекта контроля (более чем на 10 °С) или есть подозрения в изменении настроек.		
Угол ввода α ультразвукового пучка в СО-2 (уточняется по шкале)								63°	64°	65°	66°	67°	
Расстояние по поверхности от точки ввода ультразвукового пучка в СО-2 до проекции точки отражения от бокового отверстия Ø 6 мм на поверхность СО-2: X, мм								83,6	87,4	91,5	95,9	100,7	
Глубина залегания от поверхности СО-2 точки отражения ультразвукового пучка от бокового отверстия Ø 6 мм								42,6	42,7	42,7	42,8	42,8	
Расстояние от точки ввода ультразвукового пучка в СО-2 до точки отражения от бокового отверстия Ø 6 мм вдоль оси распространения пучка, мм								93,8	97,3	101,0	105,0	109,5	

**ОПЕРАЦИОННАЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ КАРТА  
УЛЬТРАЗВУКОВОГО КОНТРОЛЯ СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ**

**ШИФР  
ТК-УК-1420-21,7**

**3. ПРОВЕДЕНИЕ КОНТРОЛЯ**

Наименование операции	Табуляция	Сканирование	Локализация дефекта	Измерение характеристик дефектов и оценка их допустимости
Содержание операции	Создать инкрементный файл под данный объект, условия, место, дату контроля с идентификацией контролёра	Произвести сканирование путем продольно поперечного перемещения преобразователя вдоль шва в пределах от края валика усиления до $X_n = 115 \text{ мм}$ с азимутальным разворотом в $15^\circ$ . Следить за обеспечением акустического контакта. Сканирование произвести с обеих сторон усиления шва. В процессе контроля периодически проверять настройку дефектоскопа по СОП.	Признаком обнаружения дефекта служит срабатывание АСД и появление эхо-сигнала в пределах строб-импульса. Зафиксировать преобразователь в положении, соответствующем максимальному эхо-сигналу. Отметить положение преобразователя.	При обнаружении дефекта измерить: - амплитуду эхо-сигнала; - глубину залегания; - характер дефекта; - условную протяженность; - расстояние до соседнего дефекта; - расстояние от точки начала сканирования вдоль шва по поверхности объекта контроля.
<b><u>СХЕМА КОНТРОЛЯ</u></b>				
				

ОПЕРАЦИОННАЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ КАРТА УЛЬТРАЗВУКОВОГО КОНТРОЛЯ СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ						ШИФР ТК-УК-1420-21,7	
4. ИЗМЕРЕНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК ДЕФЕКТОВ							
Амплитуда эхо-сигнала (A <sub>изм</sub> )	Глубина залегания (Y <sub>max</sub> ), мм	Расстояние до дефекта (X,мм.)	Характер дефекта (объёмный/плоскостной) (одиночный/скопление/цепочка)	Условная протяженность (ΔL), мм	Условное расстояние между дефектами (Δl), мм	Суммарная протяженность (ΣD), мм	Расстояние от точки начала сканирования, мм
Измеряется на браковочном уровне чувствительности.	Измеряется на контрольном уровне чувствительности при максимальной амплитуде эхо-сигнала.	Измеряется линейкой на контрольном уровне чувствительности между крайними положением ПЭП и дефектом.	Оценивается путем отслеживания динамики изменения амплитуды эхо-сигнала при изменении угла разворота и положения преобразователя вокруг эпицентра дефекта. Признаком обнаружения дефекта служит появление эхо-сигнала превышающего контрольный уровень чувствительности в зоне строба. Признаком наличия дефекта типа «скопление» является одновременное появление трех и более эхо-сигналов, идущих с разных глубин при одном из положений ПЭП, перемещаемого вдоль или поперек шва. Признаком наличия дефекта типа «цепочка» является появление трех и более эхо-сигналов преимущественно с одной глубины при перемещении ПЭП вдоль шва. При этом расстояние между дефектами l не превышает 3L (L – условная протяженность дефекта). Признаками плоскостного дефекта является изменение амплитуды на <b>8 дБ</b> при развороте ПЭП в <b>45°</b> , а также превышение на <b>10 дБ</b> амплитуды эхо-сигнала от дефекта выше браковочного. Признаками объёмного дефекта является изменение значения глубины при поперечном перемещении ПЭП. В случае если определить форму дефекта не удастся, дефект считают плоскостным.	Условную протяженность дефектов в мм измеряют как расстояние между крайними положениями ПЭП, перемещаемого вдоль шва. При этом крайними считают те положения, при которых амплитуда эхо-сигнала уменьшается до контрольного уровня чувствительности.	Измеряется линейкой на контрольном уровне чувствительности между крайними положениями ПЭП, при которых измерялась условная протяженность.	Определяется сумма условных протяженностей дефектов на контрольном уровне чувствительности на участке <b>300 мм</b> .	Измеряется по мерному поясу или с помощью линейки от точки начала сканирования до крайнего положения ПЭП, в котором он находился при начале измерения условной протяженности данного дефекта.



ОПЕРАЦИОННАЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ КАРТА УЛЬТРАЗВУКОВОГО КОНТРОЛЯ СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ	ШИФР
	ТК-УК-1420-21,7
<b>5. РЕГИСТРАЦИЯ ДЕФЕКТОВ</b>	
<p>Сохраняя настройку прибора, сохранить все активные отметки на экране в открытом инкрементном файле: пиктограммы режима измерения в стробе, индикаторы отрезков УЗ пути, все присутствующие запоминание максимумов - в инкрементный файл, идентифицированный под оператора, проводящего контроль.</p> <p>Сохранить данные под идентификацией места, объекта контроля, даты, условий и лица, проводящего контроль, в соответствии с принятой по данному участку системы идентификаций.</p> <p>По результатам контроля оформить заключение в соответствии с СТО Газпром 2-2.4-083-2006 (приложение В).</p> <p>К заключению должна быть приложена схема проконтролированного соединения с указанием на ней мест расположения выявленных дефектов (дефектограмма), соответствующие эхограммы обнаруженных дефектов и настроек по СОП.</p> <p>При описании результатов контроля сварных соединений следует каждый дефект (или группу дефектов) указывать отдельно и обозначать в приведенной ниже последовательности:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- буквой, определяющей вид дефекта по протяженности;</li> <li>- цифрой, определяющей наибольшую глубину залегания дефекта, мм;</li> <li>- цифрой, определяющей условную протяженность дефекта, мм;</li> <li>- буквой, определяющей качественно признак оценки допустимости дефекта по амплитуде эхо-сигнала.</li> </ul> <p>Для записи необходимо применять следующие обозначения:</p> <p>SH - непротяженные дефекты;</p> <p>LS - протяженные в сечении шва дефекты,</p> <p>LB - протяженные в корне шва дефекты,</p> <p>СС - цепочки и скопления;</p> <p>Г - дефект, амплитуда эхо-сигнала от которого равна или менее допустимых значений;</p> <p>Н - дефект, амплитуда эхо-сигнала от которого превышает допустимое значение.</p> <p>Условную протяженность для дефектов типа SH не указывают. В сокращенной записи числовые значения отделяют одно от другого и от буквенных обозначений дефисом.</p> <p>ПРИМЕР: LS<sub>2</sub>-8-15-Г – Протяженный плоскостной по разделке кромок дефект в сечении шва, глубина залегания дефекта – 8 мм, условная протяженность дефекта – 15 мм, амплитуда эхо-сигнала не превышает допустимое значение.</p> <p>Занести результаты заключения в журнал контроля сварных соединений неразрушающими методами согласно СТО Газпром 2-2.2-136-2007 (приложение Г, форма Г.4)</p>	
<b>6. ОЦЕНКА РЕЗУЛЬТАТОВ КОНТРОЛЯ</b>	
<p>По результатам УЗК дефекты классифицировать по протяженности и виду (объемный, плоскостной, объемно-протяженный, плоскостной -протяженный). К непротяженным относить дефекты, условная протяженность которых, не превышает значения <b>12 мм</b>. Остальные дефекты относить к протяженным.</p> <p>Недопустимыми дефектами по результатам УЗК считать:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• дефект, амплитуда эхо-сигнала от которого превышает браковочный уровень;</li> <li>• дефекты, не соответствующие требованиям таблицы 1.</li> </ul>	

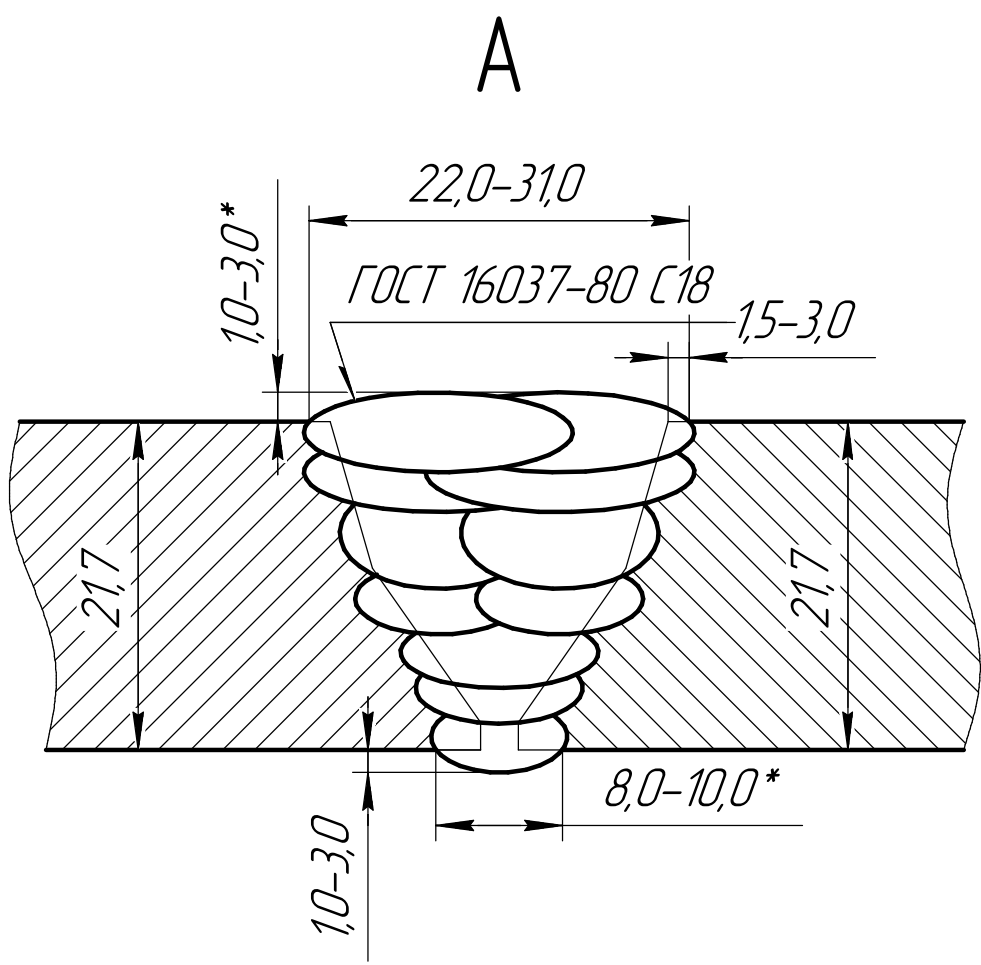
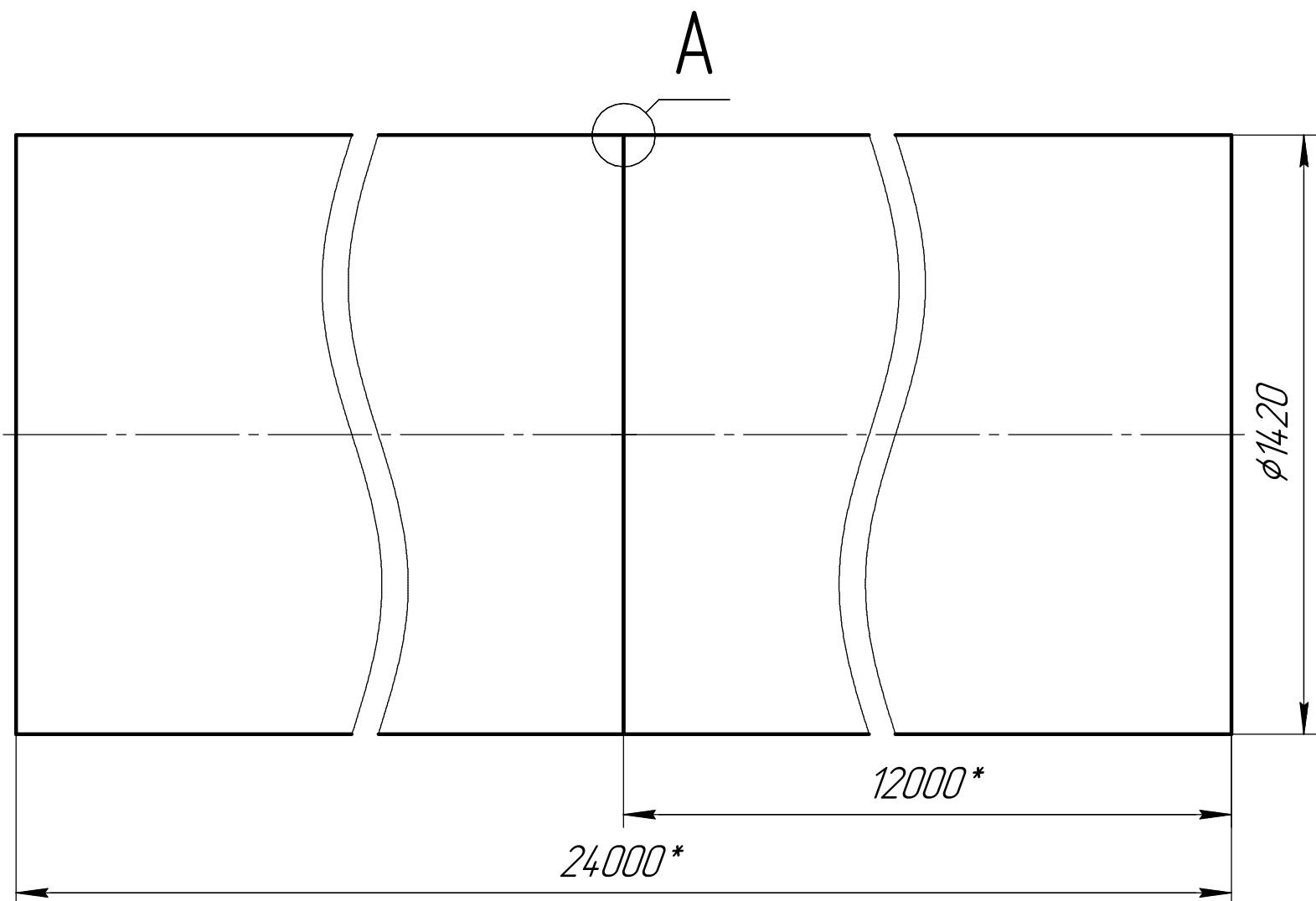
**ОПЕРАЦИОННАЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ КАРТА  
УЛЬТРАЗВУКОВОГО КОНТРОЛЯ СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ**

**ШИФР  
ТК-УК-1420-21,7**

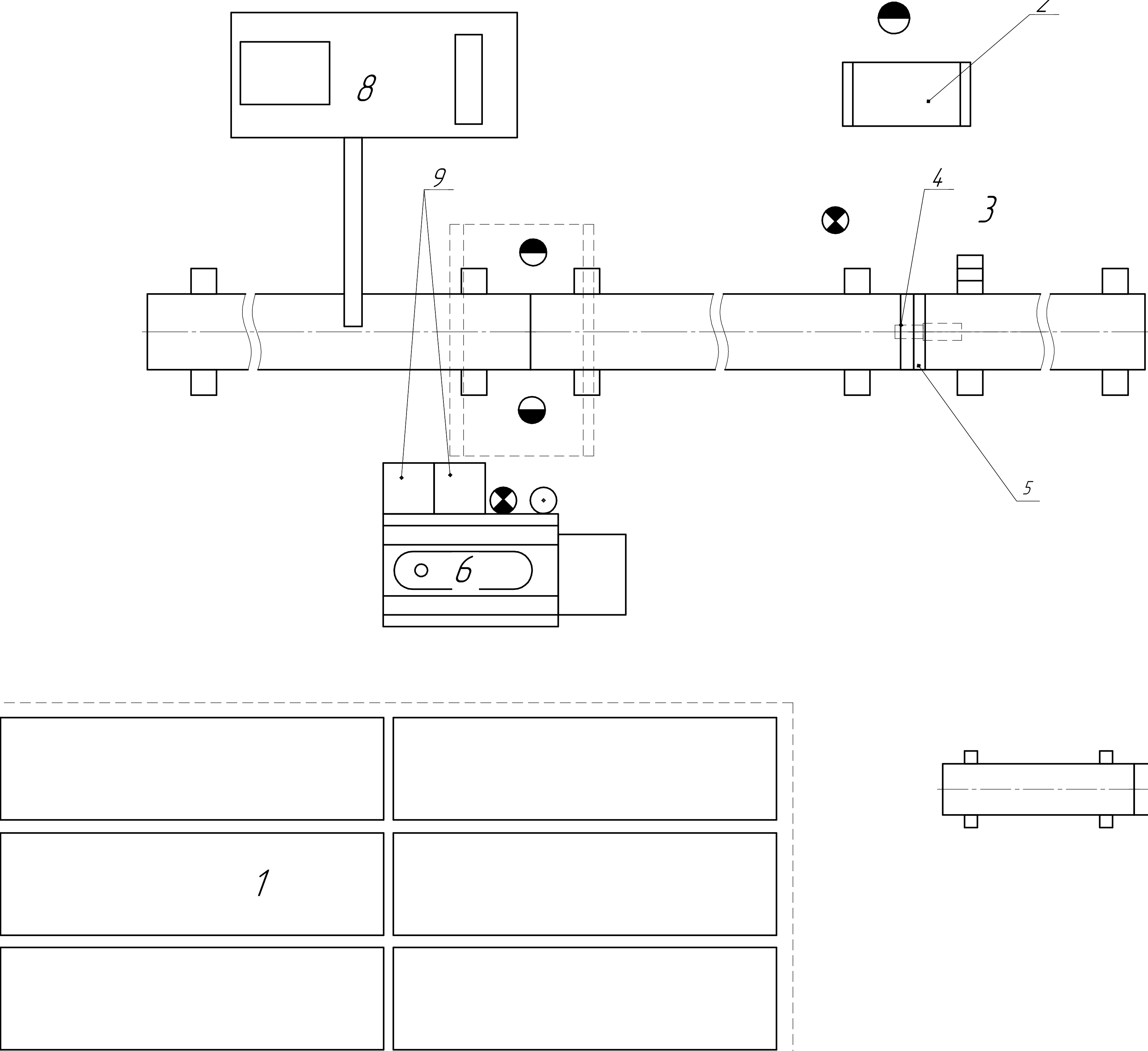
Таблица 1. Параметры дефектов, выявленных по результатам УЗК

Наименование дефектов	Условное обозначение	Вид дефекта	Уровень качества
			уровень В
Непротяженные	SH	Объемный, плоскостной	$\Sigma d \leq 50$ мм
Протяженные в сечении шва	LS <sub>1</sub>	Объемно-протяженный	$l < 25$ мм; $\Sigma d \leq 50$ мм
	LS <sub>2</sub>	Плоскостной по разделке кромок	$l \leq 15$ мм; $\Sigma d \leq 15$ мм
	LS <sub>3</sub>	Плоскостной в объеме шва	$l \leq 30$ мм; $\Sigma d \leq 30$ мм
Протяженные в корне шва	LB <sub>1</sub>	Плоскостной в корне (двухсторонний непровар)	$l \leq 15$ мм; $\Sigma d \leq 30$ мм
	LB <sub>2</sub>	Плоскостной в корне шва из-за смещения кромок (непровар)	$l \leq 43,4$ мм; $\Sigma d \leq 75$ мм
	LB <sub>3</sub>	Утяжины, превышение проплава (геометрия шва)	$l \leq 43,4$ мм; $\Sigma d \leq 100$ мм
	LB <sub>4</sub>	Плоскостной по разделке кромок	$l \leq 15$ мм; $\Sigma d \leq 15$ мм
Скопление, цепочка	CC	Скопления и цепочки непротяженных дефектов	$l \leq 15$ мм; $\Sigma d \leq 30$ мм
<b>Примечания</b> 1. При оценке допустимости дефекта из двух значений параметра, соединенных союзом «и» выбирается наименьшее. 2. Дефект находится в корне шва, если глубина его залегания превышает 2/3 толщины стенки трубы и в сечении шва, если глубина его залегания не превышает 2/3 толщины стенки трубы. 3. В сварном соединении с внутренней подваркой плоскостные, протяженные дефекты в корне сварного соединения не допускаются			

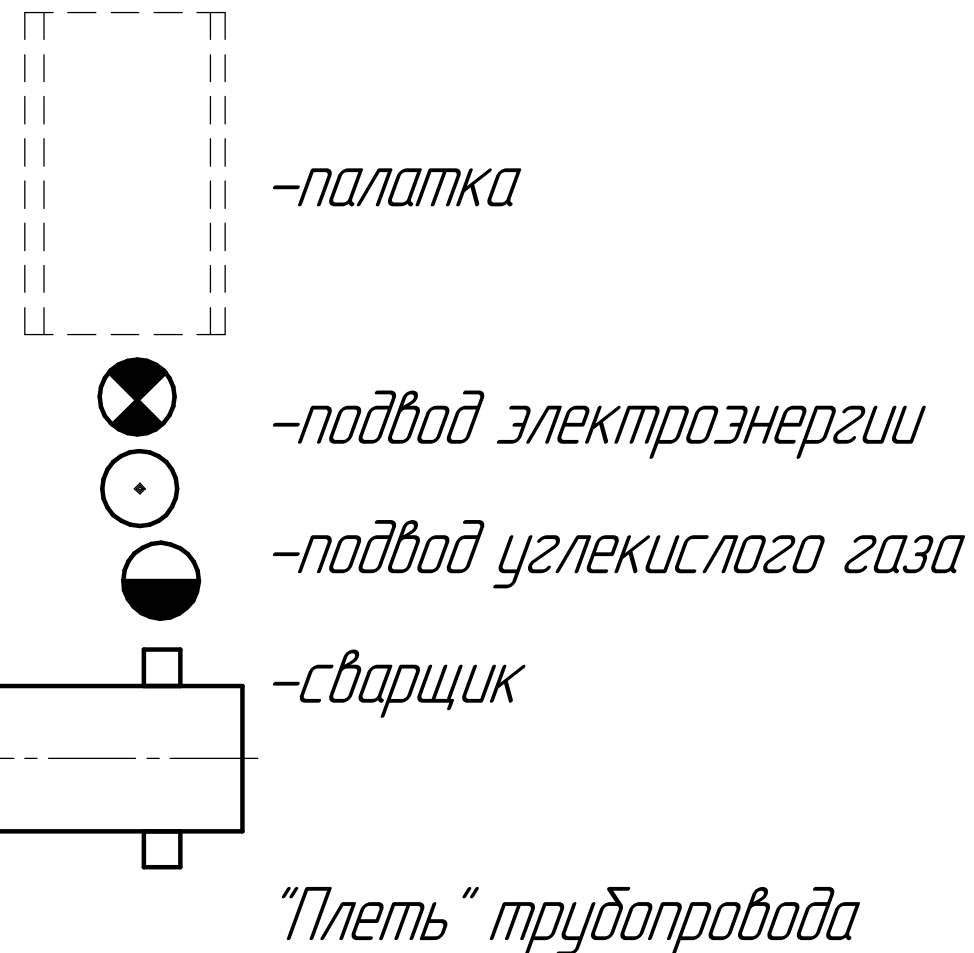
# Приложение Ж Сварной стык



Приложение 3  
План участка



- 1. Зона складирования материалов
- 2. Пульт управления
- 3. Зона контроля
- 4. Рентгеновский аппарат Кроулер JME 24
- 5. Пленка Kodak AA400, Agfa D7 Fujifilm IX100, ТКС D7-M
- 6. Дизельная электростанция на базе ТТ-4
- 7. Инвертор Invertec V350-PRO
- 8. Трубоукладчик Komatsu WA800-3



Министерство образования и науки Российской Федерации  
федеральное государственное автономное  
образовательное учреждение высшего образования  
«Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)  
Юргинский технологический институт (филиал) федерального государственного  
автономного образовательного учреждения высшего образования  
«Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ЮТИ ТПУ)

**Направление подготовки 15.01.03 «Машиностроение», профиль «Оборудование и технология сварочного производства»**

# **РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ СВАРКИ И КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА НАДЗЕМНОГО ГАЗОПРОВОДА ТРУБ ДИАМЕТРОМ 1420 мм**

Автор: студент гр. 3-10А51

Валиев В.С.

Руководитель:

к.т.н., доцент ЮТИ

Ильященко Д. П.

г. Юрга 2020 г.

# Описание сварной конструкции

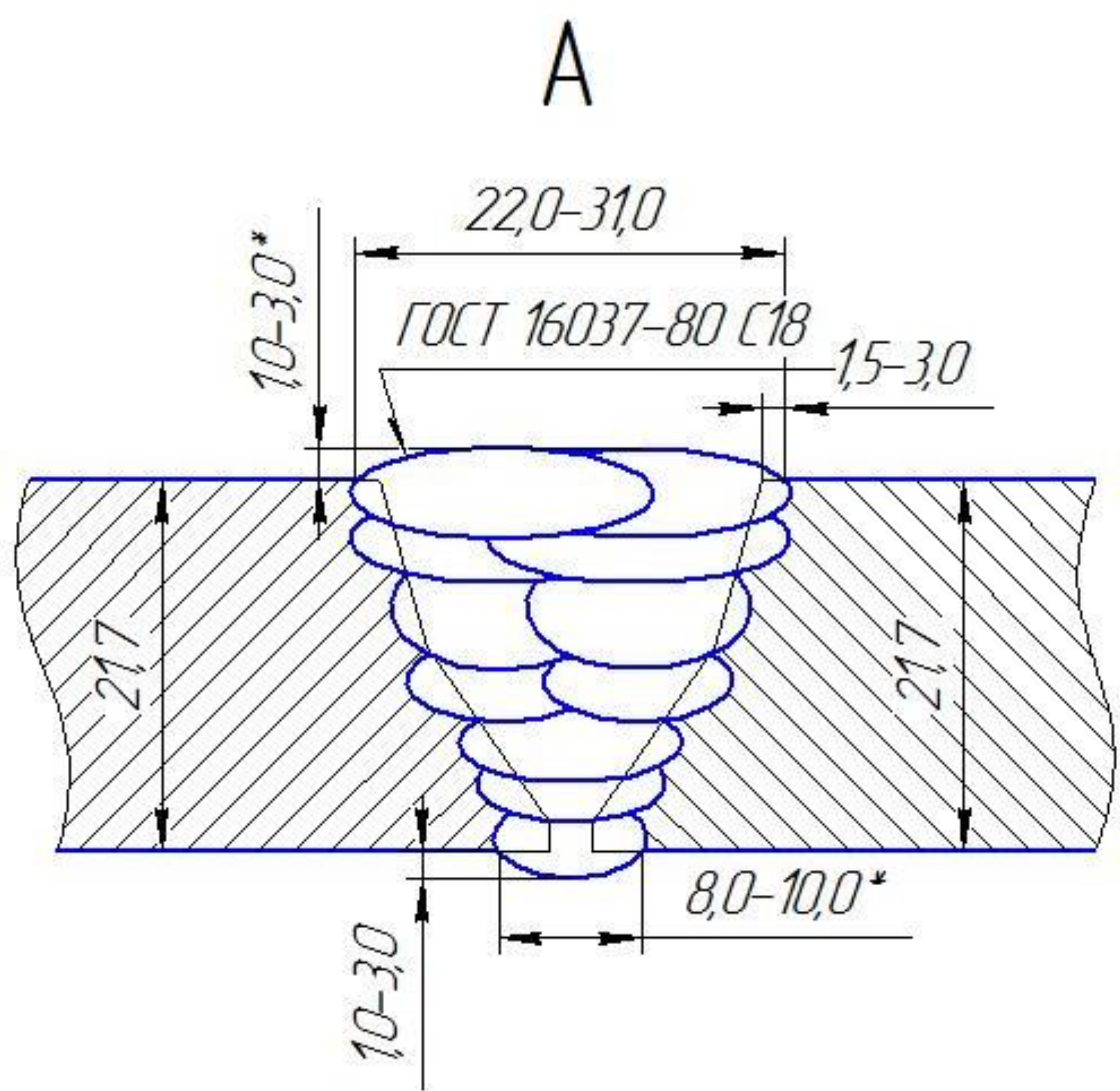
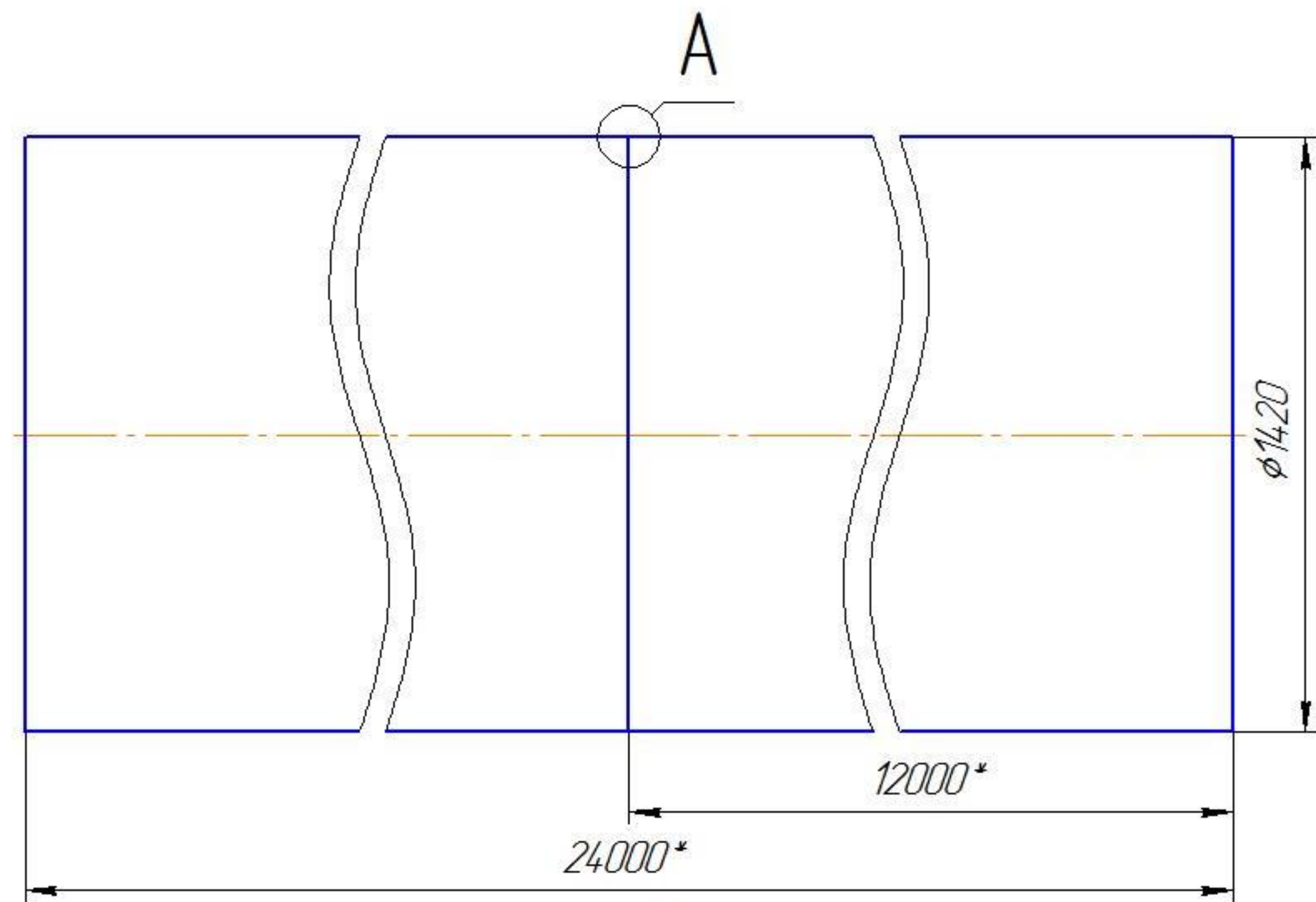
Данное изделие представляет собой стыковое соединение труб диаметром 1420 мм и толщиной стенки 21,7 мм, изготовленных из стали 10Г2ФБЮ (класс прочности К60), поставляемых в соответствии с ТУ 14-156-77-2008.

Габаритные размеры изделия: 24000х1463,4 мм.

Масса, кг: 18204 кг.



# НЕПОВОРОТНЫЙ СТЫК



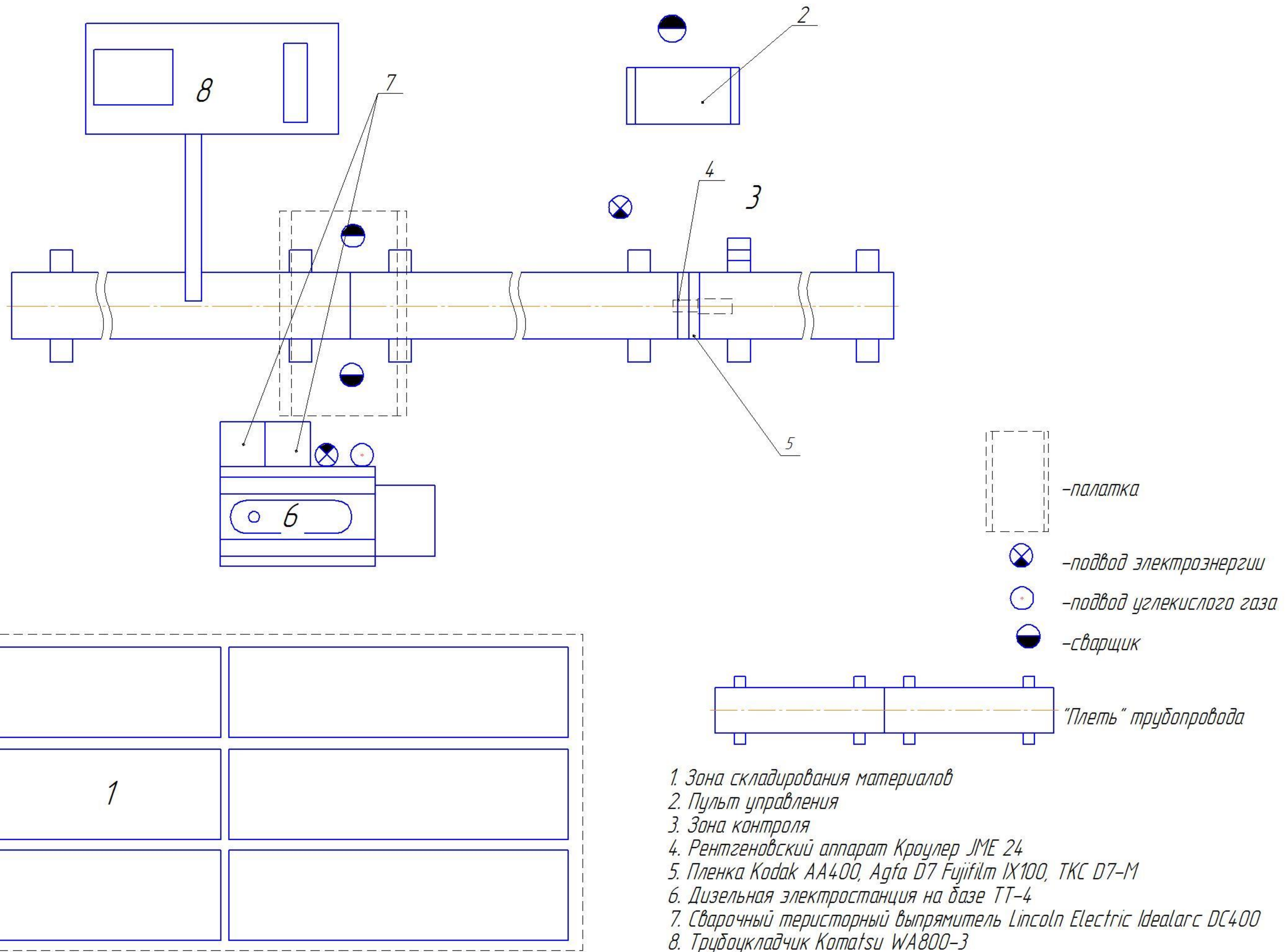
# РЕЖИМЫ СВАРКИ НЕПОВОРОТНЫХ КОЛЬЦЕВЫХ СТЫКОВЫХ СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ ТРУБ

Направление сварки	Скорость подачи проволоки*, м/мин	Род тока, полярность	Пиковый ток, А	Базовый ток, А	Вылет электрода, мм	Расход газа, л/мин
На спуск	2,3-4,05	обратная	400-430	50-55	10-16	10-16
<p>* В положении от 0<sup>00</sup> до 1<sup>00</sup> ч сварка осуществляется с поперечными колебаниями без задержки на кромках при скорости подачи проволоки 2,3-3,05 м/мин, в положении от 1<sup>00</sup> до 6<sup>00</sup> ч без поперечных колебаний при скорости подачи проволоки 3,3-4,05 м/мин.</p> <p>Скорость изменения заднего фронта импульса 0. Установка параметра горячего старта 2 или 3.</p> <p>Угол наклона электрода (назад): в положении 0<sup>00</sup> ч от 10° до 20°, в положении 0<sup>00</sup> до 1<sup>00</sup> ч от 30° до 45°, в положении 1<sup>00</sup> до 4<sup>00</sup> ч от 20° до 45°, в положении 4<sup>00</sup> до 5<sup>00</sup> ч постепенно уменьшать до нуля, в положении 5<sup>00</sup> до 6<sup>00</sup> ч от 5° до 10°.</p>						
Режимы сварки заполняющих и облицовочного слоев шва						
Сварочные слои	Направление сварки	Диаметр, мм	Полярность	Сварочный ток, А	Скорость подачи проволоки, м/мин	Напряжение, В
Заполняющие	На спуск	2,0	прямая	-	2-2,8	18,5—21,5
Корректирующий	На спуск	2,0	прямая	-	2-2,3	17,5-19,5
Облицовочный	На спуск	2,0	прямая	-	2-2,3	17,5-19,5
При сварке порошковой проволокой следует строго соблюдать соотношение между скоростью подачи проволоки и напряжением.						



# ПЛАН УЧАСТКА

5





# Центратор внутренний гидравлический ЦВ-147





# ППЧ-20-10



Визуальным и измерительным контролем проверяется:

- ширина шва;
- величина смещения кромок;
- глубина неполного заполнения разделки;
- глубина западаний между валиками;
- размеры (диаметр, длина, ширина) одиночной несплошности;
- подрезы;
- освещённость.

Используемые инструменты: шаблон универсальный (УШСЗ), лупа измерительная ЛИ-3-10<sup>x</sup>; люксметр.

Радиографический контроль.

Радиографический контроль проводить после внешнего осмотра сварного соединения и устранения обнаруженных наружных дефектов (незаплавленных кратеров, подрезов, выходящих на поверхность пор и т.д.).

Используемые инструменты и оборудование: мерительный пояс, прижимной пояс, канавочные эталоны чувствительности Fe №11,12,13 по ГОСТ 7512-82, карандаш-маркер, свинцовые маркировочные знаки, светонепроницаемые кассеты с форматной радиографической пленкой или рулонная радиографическая пленка, усиливающие экраны, дозиметр типа ДКГ-РМ-1621, предупреждающий сигнализатор (при наличии), индивидуальный дозиметр типа ДТЛ, сигнальные знаки или флажки, ограждающая лента, рентгеновский аппарат Кроулер JME 24".



Ультразвуковой контроль. Производится сканирование путем продольно поперечного перемещения преобразователя вдоль шва в пределах от края валика усиления до  $X_n = 115$  мм с азимутальным разворотом в  $15^\circ$ . Следить за обеспечением акустического контакта. Сканирование произвести с обеих сторон усиления шва. В процессе контроля периодически проверять настройку дефектоскопа по СОП. Применяется дефектоскоп А1212 MASTER.

Вредные и травмоопасные факторы сварочного производства	Источники возникновения фактора	Влияние фактора на человека	Защита от негативного фактора
Сварочный аэрозоль, содержащий пыль, вредные газы и пары	Процесс сварки	Общая интоксикация, пневмокониоз, фиброзные изменения в легких	Местная и общеобменная вентиляция, респираторы
Локальные вибрации	Ручной виброинструмент по зачистке сварных конструкций	Спазмы сосудов, снижение кожной чувствительности, деформирование суставов	Защитные покрытия, виброизолирующие рукавицы, виброзащитные рукоятки инструмента
Акустические колебания: 1.Шум 2.Ультразвук	1.Сварочное оборудование 2.Ультразвуковые дефектоскопы	1.Снижение внимания, уменьшение скорости реакции, нарушение обмена веществ, профзаболевания 2.Нарушения нервной, сердечно-сосудистой, эндокринной систем	1.Звукоизолирующие ограждения, акустические экраны, противошумные наушники и др. 2.Звукоизолирующие кожухи, экраны, виброизолирующие покрытия
Ультрафиолетовое, инфракрасное излучение	Сварочная дуга, нагретый металл	Электроофтальмия, катаракта, ожоги	Щиток с защитным светофильтром, спецодежда
Электрический ток	Электрооборудование, электропроводка	Ожоги, нарушение состава крови, разрыв тканей, нарушение внутренних биологических процессов	Защитное заземление, зануление, изоляция токопроводов, диэлектрические перчатки, боты, коврики, маты и подставки
Ионизирующие излучения	Гамма-рентгено-дефектоскопия	Злокачественные опухоли, лейкозы, наследственные болезни.	Защитная среда: вода, алюминий, свинец
Электромагнитные поля	Сварочные машины	Нарушения функции ЦНС, дыхательной системы, пищеварительного тракта, раздражительность.	Металлические экраны, проволочные сетки, эластичные пенопласты
Нормативные документы: ГОСТ 12.3.004-75 "ССБТ. Работы электросварочные. Общие требования безопасности"; СНиП III-4-80 "Техника безопасности в строительстве"; "Правила техники безопасности и производственной санитарии при электросварочных работах"; "Санитарными правилами при сварке, наплавке и резке металлов"; "Правила техники безопасности и производственной санитарии при электросварочных работах“.			Докладчик: Валиев В.С.



ОСНОВНЫЕ ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ УЧАСТКА

Статьи затрат	Сумма по предлагаемому техпроцессу, руб.
Прямые расходы	
1. Основные материалы	1261922,79
3. Электроэнергия	14008,26
4. Заработная плата	2217,24
5. Амортизация оборудования и ремонт оборудования	183,33
Косвенные расходы	
6. Себестоимость	1278328,68
7. Капитальные вложения	11543,96
8. Количество приведенных затрат	1280060,27

При механизированной сварке  
изготовление кольцевого неповоротного  
стыка составит 8,56 часа.

1. Расчетная длина 1 стыка сварного шва (труба 1420x12), пог. м	4,461
2. Количество единиц оборудования, шт	2
3. Средний коэффициент загрузки оборудования, %	86,6
4. Общее количество работающих, чел в том числе:	11
электросварщик	2
вспомогательных рабочих	2
стропальщик	1
контролеры качества продукции	1
ИТР	1
наладчик сварочного оборудования, чел.	2
машинист трубоукладчика, чел.	1
электрик, чел.	1
5. Средний тарифный разряд производственных рабочих	5
6. Расход сварочных материалов на 1 стык сварного шва (труба 1420x12), кг	14,05
7. Количество приведенных затрат, руб. на 1 изделие	1280060,27

# ВЫВОДЫ

1. Разработана операционная технологическая карта сборки и сварки неповоротных кольцевых стыковых сварных соединений труб и контроля качества;
2. Выбрано сварочное оборудование, соответствующее техническим требованиям;
3. Количество приведенных затрат на 1 изделие 1280060,27 руб.
4. По сравнению с применяемой ручной дуговой сваркой, предлагаемый способ соединения труб более экономичен, обеспечивает более высокое качество шва и требует гораздо меньших затрат и времени.



# СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ